

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002年6月27日 (27.06.2002)

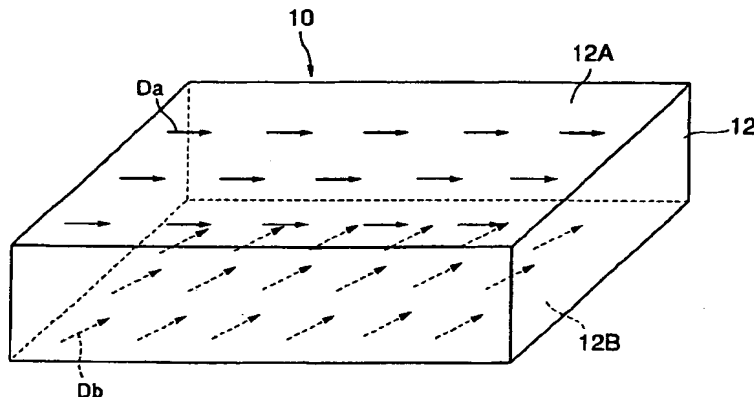
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/50581 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 5/30, G02F 1/1335 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鹿島 啓二  
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/11208 (KASHIMA, Keiji) [JP/JP]; 〒162-8001 東京都 新宿区  
市谷加賀町一丁目1番1号 大日本印刷株式会社内  
Tokyo (JP).  
(22) 国際出願日: 2001年12月20日 (20.12.2001)  
(25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 吉武 賢次, 外 (YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒  
100-0005 東京都 千代田区 丸の内三丁目2番3号 富  
士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).  
(26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.  
(30) 優先権データ: (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,  
特願2000-387682 2000年12月20日 (20.12.2000) JP DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).  
特願2001-60392 2001年3月5日 (05.03.2001) JP  
添付公開書類:  
— 国際調査報告書  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大日本  
印刷株式会社 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.)  
[JP/JP]; 〒162-8001 東京都 新宿区 市谷加賀町一丁目  
1番1号 Tokyo (JP).  
2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: CIRCULARLY POLARIZED LIGHT EXTRACTION OPTICAL ELEMENT AND METHOD OF MANUFACTURING THE OPTICAL ELEMENT

(54) 発明の名称: 円偏光抽出光学素子及びその製造方法



(57) Abstract: A circularly polarized light extraction optical element (10) capable of effectively suppressing the lowering of the display quality of a display caused by light-dark patterns appearing on the display surface of the display even when a circularly polarized light plate and an elliptically polarized light plate are brought into a cross nicol state and the circularly polarized light extraction optical element is disposed therebetween, and providing a circularly polarized light having a continuous selectively reflected wave zone without optical singular point even when the circular polarized light extraction optical element is manufactured by stacking a plurality of liquid crystal layers each other, comprising a liquid crystal layer (12) planar-disposed and having a cholesteric ordinality, wherein two major surfaces (12A) and (12B) of the liquid crystal layer (12) opposed to each other are substantially identical to each other in the directions of directors (Da, Db) of liquid crystal molecules through the entire area of the surfaces (12A, 12B) and, when the liquid crystal layer (12) is formed of the plurality of liquid crystal layers, the directions of the directors of the liquid crystal molecules should desirably be substantially parallel with each other near the boundary of the liquid crystal layers adjacent to each other.

[続葉有]

WO 02/50581 A1

BEST AVAILABLE COPY



---

(57) 要約:

円偏光板や楕円偏光板をクロスニコル状態にして、その間に円偏光抽出光学素子を配置した場合でも、ディスプレイの表示面に明暗模様が現われてディスプレイの表示品位を低下させてしまうことを効果的に抑制し、又、複数の液晶層を積層することで円偏光抽出光学素子を作製する場合でも、光学的な特異点のない連続した選択反射波長帯域を有する円偏光を得ることができる、円偏光抽出光学素子を提供する。円偏光抽出光学素子10は、プレーナー配向されたコレステリック規則性を有する液晶層12を備え、この液晶層12の互いに対向する2つの主たる表面12A、12Bはそれぞれ、各表面12A、12Bの全範囲において液晶分子のダイレクターD<sub>a</sub>、D<sub>b</sub>の方向が実質的に一致している。又、液晶層12が複数の液晶層からなる場合には、互いに隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向は実質的に平行であることが好ましい。

## 明 細 書

## 円偏光抽出光学素子及びその製造方法

技 術 分 野

本発明は、コレステリック規則性を有する液晶層を用いて無偏光から円偏光を抽出する円偏光抽出光学素子、その製造方法、並びに円偏光抽出光学素子を用いた偏光光源装置及び液晶表示装置に関する。なお、本明細書中において「液晶層」という用語は、光学的に液晶の性質を有する層という意味で用い、層の状態としては、流動性のある液晶相の状態の他、液晶相の持つ分子配列を保って固化された状態を含む。

背 景 技 術

従来から、コレステリック液晶等を用いた光学素子として、コレステリック液晶層の液晶分子の螺旋（ヘリカル）ピッチに対応する波長の右旋又は左旋の円偏光成分の一方を反射して他方を透過するようにした円偏光抽出光学素子が知られている。

このような円偏光抽出光学素子としては、円偏光抽出光学素子により抽出（選択反射）される円偏光成分の波長を広帯域化するため、液晶分子の螺旋ピッチが異なるコレステリック液晶層を複数積層してなる円偏光抽出光学素子が提案されている（特開平 8－2 7 1 7 3 1 号公報及び特開平 1 1－2 6 4 9 0 7 号公報）。又、このような円偏光抽出光学素子を備えた偏光光源装置及び液晶表示装置としては、例えば特開平 9－3 0 4 7 7 0 号公報に開示されているようなものがある。

ここで、上述したような円偏光抽出光学素子は、ディスプレイ部材として用いられることが多い。この場合には例えば、図 2 1 に示されるように、円偏光板（又は楕円偏光板）2 0 1、2 0 2 をクロスニコル状態（右円偏光板と左円偏光板との組み合わせ）にして、その間に円偏光抽出光学素子 2 0 3 を挟み込んだ状態で用いることが多い。

ところで、上述したようにして、円偏光抽出光学素子をディスプレイ部材として用いるときには、光出射面内の偏光状態が均一でなければならないが、表示面

内に明暗模様が現われて、ディスプレイの表示品位を著しく低下させることがあ  
ることが判明した。

本発明者は、このような現象の原因について実験及びコンピュータシミュレー  
ションを用いて鋭意研究を行った結果、その原因の一つが円偏光抽出光学素子の  
表面における液晶分子のダイレクターの方向にあることをつき止めた。

又、本発明者は、このような現象に関連して、複数のコレステリック液晶層を  
積層して円偏光抽出光学素子を作製する場合の円偏光抽出光学素子の光学的機能  
の低下の原因の一つが、複数のコレステリック液晶層の積層構成にあり、特に、  
一つのコレステリック液晶層上に他のコレステリック液晶層を直接積層するよう  
な場合には、互いに隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクター  
の方向が重要であることも見出した。

一般に、特開平 1 1 - 2 6 4 9 0 7 号公報に開示されているような従来の円偏  
光抽出光学素子では、予めフィルム化された複数のコレステリック液晶層を、接  
着剤を用いた接着により構成するか、あるいは接着剤を用いないで熱接着により  
構成している。

しかしながら、接着剤を用いる場合には、フィルム化された液晶層の液晶分子  
と接着剤の分子との接着性が良好である必要があり、接着剤の種類が限定されて  
しまうのみならず、接着剤層の厚さ分だけ円偏光抽出光学素子の厚さが増加する  
という問題がある。又、接着剤層と液晶層との屈折率差が原因で両者の界面で反  
射が生じたり、円偏光抽出光学素子から抽出される光に、接着剤層自体の色が付  
いてしまう等の問題点がある。

又、接着剤を用いないで熱接着する場合には、フィルム化された液晶層に柔軟  
性を与えるために、これをガラス転移温度 ( $T_g$ ) 以上に加熱する必要があり、  
熱接着装置の構成及びハンドリングの点で工業化が難しいという問題点がある。  
又、高温に加熱することによって、液晶層の液晶分子が、隣接する液晶層の液晶  
分子とランダムに混合してしまい、これによって光学的特性が劣化してしまう等  
の問題点もある。

更に、接着剤を使用する場合又は使用しない場合のどちらの場合でも、液晶分  
子をプレーナー配向させるために配向膜及び基材を使用しなければならず、その

厚さ分だけ円偏光抽出光学素子が厚くなってしまうという問題点がある。なお、この点については、延伸PET（ポリエチレンテレフタレート）フィルム等の延伸フィルムを基材として用いる場合には、延伸フィルム自体が配向膜の機能を有することから、配向膜を省略することが可能となるが、延伸フィルムの厚さ分だけは円偏光抽出光学素子の厚さが増大してしまう。又、液晶が固化した後に配向膜及び基材を剥離することも考えられるが、剥離時に液晶層が損傷を受けることが多く、量産性が低くなるという問題点がある。更に、液晶層を3層以上に積層する場合には、上記のいずれの方法でもかなり複雑な工程になり、又、基材及び配向膜が層数分だけ無駄になるという問題点がある。

なお、このような問題点に対しては、例えば特開平11-44816号公報に開示されているように、コレステリック液晶ポリマー層上に別のコレステリック液晶ポリマーを塗工して円偏光抽出層を形成する方法が提案されている。

しかしながら、この方法では、各液晶層におけるコレステリック液晶分子のヘリカル軸を常に一定にすることが困難である。又、単純にコレステリック液晶ポリマーを塗工するだけであるので、互いに隣接するコレステリック液晶ポリマー層の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向が一義的に定まらず、コレステリック液晶ポリマー層の界面において液晶分子のダイレクターの方向に断層が生じ、円偏光抽出光学素子としての光学的機能を低下させてしまうという問題点がある。

### 発 明 の 開 示

本発明はこのような点を考慮してなされたものであり、その第1の目的は、円偏光板や楕円偏光板をクロスニコル状態にして、その間に円偏光抽出光学素子を配置した場合でも、ディスプレイの表示面に明暗模様が現われてディスプレイの表示品位を低下させてしまうことを効果的に抑制することができる、円偏光抽出光学素子、その製造方法、並びに円偏光抽出光学素子を用いた偏光光源装置及び液晶表示装置を提供することにある。

又、本発明の第2の目的は、複数の液晶層を積層することで円偏光抽出光学素子を作製する場合でも、光学的な特異点のない連続した選択反射波長帯域を有す

る円偏光を得ることができる、円偏光抽出光学素子、その製造方法、並びに円偏光抽出光学素子を用いた偏光光源装置及び液晶表示装置を提供することを目的とする。

本発明の第1の特徴に係る第1の円偏光抽出光学素子、プレーナー配向されたコレステリック規則性を有する液晶層を備え、前記液晶層の互いに対向する2つの主たる表面のうち、一方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致するとともに、他方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向も実質的に一致していることを特徴とする。

ここで、この円偏光抽出光学素子において、前記一方の表面の液晶分子のダイレクターの方向と前記他方の表面の液晶分子のダイレクターの方向とが実質的に平行であることが好ましい。なお、ここでいう「実質的に平行」とは、2つのダイレクターの方向が互いに $\pm 20^\circ$ の範囲にあることをいうものとする。又、前記液晶層の前記一方の表面における液晶分子と前記他方の表面における液晶分子との間に、 $0.5 \times$ 整数倍のピッチ数の液晶分子の螺旋構造があることが好ましい。

本発明の第1の特徴に係る第2の円偏光抽出光学素子は、プレーナー配向されたコレステリック規則性を有する複数の液晶層であって、順次直接積層された複数の液晶層を備え、前記複数の液晶層の最外面に位置する互いに対向する2つの主たる表面のうち、一方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致するとともに、他方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向も実質的に一致することを特徴とする。

ここで、この円偏光抽出光学素子において、前記一方の表面の液晶分子のダイレクターの方向と前記他方の表面の液晶分子のダイレクターの方向とが実質的に平行であることが好ましい。なお、ここでいう「実質的に平行」とは、2つのダイレクターの方向が互いに $\pm 20^\circ$ の範囲にあることをいうものとする。又、前記一方の表面における液晶分子と前記他方の表面における液晶分子との間に、 $0.5 \times$ 整数倍のピッチ数の液晶分子の螺旋構造があることが好ましい。さらに、前記複数の液晶層のうち互いに隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に平行であることが好ましい。なお、ここでいう「実質

的に平行」とは、2つのダイレクターの方向が互いに $\pm 5^\circ$ の範囲にあることをいうものとする。

本発明の第1の特徴に係る円偏光抽出光学素子の第1の製造方法は、コレステリック規則性を有する重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を含む液晶分子を、配向規制力の方向が膜上の全範囲で実質的に同一とされた配向膜上にコーティングし、前記配向膜の配向規制力によって当該液晶分子を配向させる工程と、前記配向膜の配向規制力によって配向された前記液晶分子を3次元架橋して第1の液晶層を形成する工程と、前記第1の液晶層上に、コレステリック規則性を有する他の重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を含む他の液晶分子を直接コーティングし、3次元架橋した前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって当該他の液晶分子を配向させる工程と、3次元架橋した前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって配向された前記他の液晶分子を3次元架橋して第2の液晶層を形成する工程とを含むことを特徴とする。なお、この製造方法は、前記第1の液晶層及び前記第2の液晶層のそれぞれの対向する2つの主たる表面のうち、一方の表面の液晶分子のダイレクターの方向と他方の表面の液晶分子のダイレクターの方向とが実質的に平行となるように、前記第1の液晶層及び前記第2の液晶層の厚さをそれぞれ調整することが好ましい。又、前記液晶分子を前記配向膜上にコーティングして配向させる際に、前記配向膜と異なる側の表面に別の配向膜を積層することで、前記第1の液晶層の表面の配向を規制することが好ましい。

本発明の第1の特徴に係る円偏光抽出光学素子の第2の製造方法は、コレステリック規則性を有する液晶ポリマーを、配向規制力の方向が膜上の全範囲で実質的に同一とされた配向膜上にコーティングし、前記配向膜の配向規制力によって当該液晶ポリマーを配向させる工程と、前記配向膜の配向規制力によって配向された前記液晶ポリマーを冷却してガラス状態にすることにより第1の液晶層を形成する工程と、前記第1の液晶層上に、コレステリック規則性を有する他の液晶ポリマーを直接コーティングし、ガラス状態にした前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって前記他の液晶ポリマーを配向させる工程と、ガラス状態にした前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって配向された前記他の液晶ポリマー

を冷却してガラス状態にすることにより第2の液晶層を形成する工程とを含むことを特徴とする。なお、この製造方法は、前記第1の液晶層及び前記第2の液晶層のそれぞれの対向する2つの主たる表面のうち、一方の表面の液晶分子のダイレクターの方向と他方の表面の液晶分子のダイレクターの方向とが実質的に平行となるように、前記第1の液晶層及び前記第2の液晶層の厚さをそれぞれ調整することが好ましい。又、前記液晶ポリマーを前記配向膜上にコーティングして配向させる際に、前記配向膜と異なる側の表面に別の配向膜を積層することで、前記第1の液晶層の表面の配向を規制することが好ましい。

本発明の第1の特徴に係る偏光光源装置は、光源と、上述した円偏光抽出光学素子であって、前記光源からの光を受光して偏光光を透過する円偏光抽出光学素子とを備えたことを特徴とする。

本発明の第1の特徴に係る液晶表示装置は、上述した偏光光源装置と、前記偏光光源装置から出射された偏光光を受光して、前記偏光光に対する透過率を変化させて透過する液晶セルとを備えたことを特徴とする。

本発明の第1の特徴によれば、プレーナー配向されたコレステリック規則性を有する液晶層の2つの主たる表面のそれぞれにおいて、液晶分子のダイレクターの方向を実質的に一致させているので、円偏光板や楕円偏光板をクロスニコル状態にして、その間に円偏光抽出光学素子を配置した場合でも、ディスプレイの表示面に明暗模様が現われてディスプレイの表示品位を低下させてしまうことを効果的に抑制することができる。

また、2つの表面における液晶分子のダイレクターの方向を実質的に平行とすることにより、明暗模様の発生を更に効果的に抑制することができる。

本発明の第2の特徴に係る第1の円偏光抽出光学素子は、コレステリック規則性を有する複数の液晶層を備え、前記複数の液晶層は液晶分子のヘリカル軸の方向が実質的に一致する状態で積層され、かつ、前記複数の液晶層のうち互いに隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致していることを特徴とする。なお、この円偏光抽出光学素子において、前記各液晶層は、3次元架橋された重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子、又は液晶ポリマーからなることが好ましい。



ここで、この円偏光抽出光学素子において、前記複数の液晶層のうちの少なくとも一層の液晶層は、液晶分子の螺旋構造における分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が、他の液晶層の液晶分子の螺旋構造における分子螺旋の1ピッチ当たりの距離と異なることが好ましい。

又、前記各液晶層の厚さは、入射した光のうち特定の波長の光の右旋又は左旋の円偏光成分の一方を最大反射率で反射するための必要厚さよりも薄いことが好ましい。

更に、前記各液晶層における液晶分子の旋回方向が同一であることが好ましく、又、前記複数の液晶層のうち少なくとも2層の液晶層の選択反射波長帯域は、中心領域が異なる帯域であって、かつ、その端部領域が互いに一部重なることが好ましい。

本発明の第2の特徴に係る第2の円偏光抽出光学素子は、コレステリック規則性を有する複数の液晶層と、前記複数の液晶層のうち少なくとも隣接する2層の液晶層の間に配置された遷移液晶層であって、液晶分子の螺旋構造における分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が厚さ方向に変化する遷移液晶層とを備え、前記複数の液晶層は液晶分子のヘリカル軸の方向が実質的に一致する状態で積層され、かつ、前記複数の液晶層のうち互いに隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致し、さらに、前記遷移液晶層に隣接する前記2つの液晶層のうちの一方は、液晶分子の螺旋構造における分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が、他方の接液晶層の液晶分子の螺旋構造における分子螺旋の1ピッチ当たりの距離と異なり、かつ、前記遷移液晶層における液晶分子の分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が、隣接する前記一方の液晶層側では当該一方の液晶層の分子螺旋の1ピッチ当たりの距離と実質的に等しく、前記他方の液晶層側では当該他方の液晶層の分子螺旋の1ピッチ当たりの距離と実質的に等しいことを特徴とする。

本発明の第2の特徴に係る円偏光抽出光学素子の第1の製造方法は、コレステリック規則性を有する重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を含む液晶分子を配向膜上にコーティングし、前記配向膜の配向規制力によって当該液晶分子を配向させる工程と、前記配向膜の配向規制力によって配向された前記液晶分

子を3次元架橋して第1の液晶層を形成する工程と、前記第1の液晶層上に、コレステリック規則性を有する他の重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を含む他の液晶分子を直接コーティングし、3次元架橋した前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって当該他の液晶分子を配向させる工程と、3次元架橋した前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって配向された前記他の液晶分子を3次元架橋して第2の液晶層を形成する工程とを含むことを特徴とする。

本発明の第2の特徴に係る円偏光抽出光学素子の第2の製造方法は、コレステリック規則性を有する液晶ポリマーを配向膜上にコーティングし、前記配向膜の配向規制力によって当該液晶ポリマーを配向させる工程と、前記配向膜の配向規制力によって配向された前記液晶ポリマーを冷却してガラス状態にすることにより第1の液晶層を形成する工程と、前記第1の液晶層上に、コレステリック規則性を有する他の液晶ポリマーを直接コーティングし、ガラス状態にした前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって前記他の液晶ポリマーを配向させる工程と、ガラス状態にした前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって配向された前記他の液晶ポリマーを冷却してガラス状態にすることにより第2の液晶層を形成する工程とを含むことを特徴とする。

本発明の第2の特徴に係る偏光光源装置は、光源と、上述した円偏光抽出光学素子であって、前記光源からの光を受光して偏光光を透過する円偏光抽出光学素子とを備えたことを特徴とする。

本発明の第2の特徴に係る液晶表示装置は、上述した偏光光源装置と、前記偏光光源装置から出射された偏光光を受光して、前記偏光光に対する透過率を変化させて透過する液晶セルとを備えたことを特徴とする。

本発明の第2の特徴によれば、複数の液晶層のうち互いに隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致しているので、複数の液晶層を積層することで円偏光抽出光学素子を作製する場合でも、コレステリック構造特有の円偏光反射特性を十分に引き出し、光学的な特異点のない連続した選択反射波長帯域を有する円偏光を得ることができる。即ち、ダイレクターの方向が実質的に一致していないと、光学的な特異点が形成されることになり、円偏光を用いて分光反射率を測定した際に、その選択反射波長に不連続な点が発

生する。特に、先に形成された液晶層の表面が配向力を有する状態で、次の液晶層を直接これにコーティングすることによって液晶分子を配向させることにより、隣接する液晶層間の界面において、各液晶層における液晶分子のダイレクターの方向を容易に実質的に一致させることができる。

又、各液晶層の、分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が異なるようにすれば、任意の波長に対する光の円偏光を抽出することができる。

特に、各液晶層の厚さを、入射した光のうち特定の波長の光の右旋又は左旋の円偏光成分の一方を最大反射率で反射するための必要厚さよりも薄くし、この一方の円偏光成分を最大反射率よりも小さい反射率で反射するようにすれば、この一方の円偏光成分を任意の反射率又は透過率で取り出すことができる様々な光学装置に使用することができる。

各液晶層における液晶分子の旋回方向が同一であれば、各液晶層間に光学的な断層が生成されてしまうことを避けることができる。

特に、選択反射波長の中心が重ならない液晶層が少なくとも2層あれば連続した広帯域化を図ることができる。

なお、各液晶層間に分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が変化する遷移液晶層を設ければ光学特性をなめらかにすることができる。

なお、上述した第1及び第2の特徴において、液晶層の材料としては、3次元架橋可能な重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を用いることができる他、液晶ポリマーを用いることもできるが、これらの詳細については、以下の実施の形態において説明する。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第1例の一部を拡大して模式的に示す斜視図、

図2は、本発明の第1の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第2例の一部を拡大して模式的に示す斜視図、

図3A、図3B及び図3Cは、コレステリック規則性を有する液晶分子の螺旋構造における螺旋ピッチと液晶層の表面の液晶分子のダイレクターとの関係を示

す模式図、

図 4 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 1 の製造方法を説明するための概略断面図、

図 5 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 1 の製造方法の変形例を説明するための概略断面図、

図 6 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 2 の製造方法を説明するための概略断面図、

図 7 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子のうち多層構成の円偏光抽出光学素子の第 1 の製造方法を説明するための概略断面図、

図 8 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子のうち多層構成の円偏光抽出光学素子における液晶層間の隣接表面での液晶分子のダイレクターを示す模式図、

図 9 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子のうち多層構成の円偏光抽出光学素子の第 2 の製造方法を説明するための概略断面図、

図 10 A は、本発明の第 1 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子を備えた偏光光源装置を示す概略断面図、

図 10 B は、本発明の第 1 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子を備えた液晶表示装置を示す概略断面図、

図 11 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 1 例を示す拡大模式図、

図 12 A 及び図 12 B は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 1 例における液晶分子のダイレクターを示す模式図、

図 13 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 1 の製造方法を説明するための概略断面図、

図 14 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 2 の製造方法を説明するための概略断面図、

図 15 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 2 例の要部を拡大して示す模式図、

図 16 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 3 例を示

す拡大概略断面図、

図 17 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 4 例を示す拡大概略断面図、

図 18 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 5 例の要部を拡大して示す模式図、

図 19 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子の第 2 例における反射波長帯域を示す線図、

図 20 A は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子を備えた偏光光源装置を示す概略断面図、

図 20 B は、本発明の第 2 の実施の形態に係る円偏光抽出光学素子を備えた液晶表示装置を示す概略断面図、

図 21 は、円偏光抽出光学素子を偏光板により挟んで観察する場合の構成を示す概略分解斜視図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

#### 第 1 の実施の形態

まず、図 1 乃至図 10 B により、本発明の第 1 の実施の形態について説明する。

まず、図 1 により、本実施の形態の第 1 例に係る円偏光抽出光学素子 10 について説明する。

図 1 に示されるように、この円偏光抽出光学素子 10 は、プレーナ配向されたコレステリック規則性（コレステリック構造）を有する液晶層 12 を備え、この液晶層 12 の互いに対向する 2 つの主たる表面（広い方の表面）12 A、12 B はそれぞれ、各表面 12 A、12 B の全範囲において液晶分子のダイレクター D a、D b の方向が実質的に一致している。

ここで、コレステリック規則性を有する液晶層 12 は、一般的に、物理的な分子配列（プレーナ配列）に基づいて、一方向の旋光成分（円偏光成分）と、これと逆回りの旋光成分とを分離する旋光選択特性（偏光分離特性）を有している。

このようなコレステリック規則性を有する液晶層 12 において、プレーナ配

列のヘリカル軸に沿って入射した自然光（無偏光）は、右旋及び左旋の2つの円偏光成分に分離され、一方は透過され、他方は反射される。この現象は、円偏光二色性として知られ、液晶分子の螺旋構造における旋回方向を適宜選択すると、この旋回方向と同一の旋光方向を有する円偏光成分が選択的に反射される。

この場合の最大旋光光散乱は、次式（1）の波長 $\lambda_0$ で生じる。

$$\lambda_0 = n_{av} \cdot p \quad \dots \quad (1)$$

ここで、 $p$ は液晶分子の螺旋構造における螺旋（ヘリカル）ピッチ、 $n_{av}$ はヘリカル軸に直交する平面内での平均屈折率である。

又、このときの反射光の波長バンド幅 $\Delta\lambda$ は次式（2）で表される。

$$\Delta\lambda = \Delta n \cdot p \quad \dots \quad (2)$$

ここで、 $\Delta n$ は複屈折値である。

即ち、このようなコレステリック規則性を有する液晶層12において、入射した無偏光は、上述したような偏光分離特性に従って、波長 $\lambda_0$ を中心とした波長バンド幅 $\Delta\lambda$ の範囲の光の右旋又は左旋の円偏光成分の一方が反射され、他方の円偏光成分及び反射波長帯域を除く他の波長帯域の光（無偏光）が透過される。なお、反射された右旋又は左旋の円偏光成分は、通常の反射とは異なり、位相が反転されることなくそのまま反射される。

ここで、2つの表面12A、12Bのそれぞれにおいて、各表面12A、12Bの全範囲における液晶分子のダイレクター $D_a$ 、 $D_b$ の方向は実質的に一致するが、ここでいう「実質的に一致する」とは、液晶分子のダイレクターの方向がほぼ $180^\circ$ ずれている場合、即ち液晶分子の頭及び尻が同一の方向にある場合も含むものである。これは、多くの場合、液晶分子の頭と尻とを光学的に区別することができないからである。なお、この関係は、後述する場合（表面12A、12B間で液晶分子のダイレクター $D_a$ 、 $D_b$ の方向が実質的に平行である場合）も同様である。

なお、液晶分子のダイレクター $D_a$ 、 $D_b$ の方向が実質的に一致しているか否かは、液晶層12の断面を透過型電子顕微鏡で観察することによって判別することができる。詳細には、透過型電子顕微鏡により、コレステリック規則性を有する液晶分子が固化された液晶層12の断面を観察すると、コレステリック構造特

有の、分子螺旋のピッチに相当する明暗模様が観察される。従って、このとき、各表面 1 2 A、1 2 Bにおいて、面に沿って明暗の濃度がばらつきがなくほぼ同程度に見えれば、この面内の液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致しているものと判断することができる。

次に、図 2 により、本実施の形態の第 2 例に係る円偏光抽出光学素子 2 0 について説明する。

図 2 に示されるように、この円偏光抽出光学素子 2 0 は、プレーナー配向されたコレステリック規則性を有する液晶層 2 2 を備え、この液晶層 2 2 の互いに対向する 2 つの主たる表面（広い方の表面）2 2 A、2 2 B はそれぞれ、各表面 2 2 A、2 2 B の全範囲において液晶分子のダイレクター  $D_a$ 、 $D_b$  の方向が実質的に一致している。又、主たる表面 2 2 A、2 2 B の液晶分子のダイレクター  $D_a$ 、 $D_b$  の方向が実質的に平行である。なお、ここでいう「実質的に平行」とは、ダイレクター  $D_a$ 、 $D_b$  の方向が互いに  $\pm 20^\circ$  の範囲にあることをいうものとする。

なお、この円偏光抽出光学素子 2 0 では、互いに対向する 2 つの表面 2 2 A、2 2 B における液晶分子のダイレクター  $D_a$ 、 $D_b$  の方向を正確に一致させるため、液晶層 2 0 の厚さを、液晶分子の螺旋構造における分子螺旋のピッチの  $1/2$  の整数倍とすることが好ましい。このようにすることにより、例えば図 3 A、図 3 B 及び図 3 C に模式的に示されるように、光学的に、液晶分子のコレステリック規則性上のピッチ  $p$  の  $1/2$  の値により厚さが割り切れることとなり、単純化された理論式である上式式 (1) からの光学的なズレ、特に位相シフト差による偏光状態の乱れが抑制される。

ここで、円偏光抽出光学素子 1 0、2 0 の液晶層 1 2、2 2 の材料としては、3 次元架橋可能な重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を用いることができる他、液晶ポリマーを用いることもできる。

このうち、液晶層の材料として、3 次元架橋可能な重合性モノマー分子を用いる場合は、特開平 7-258638 号公報や特表平 10-508882 号公報に開示されているような、液晶性モノマー及びキラル化合物の混合物を用いることができる。又、重合性オリゴマー分子を用いる場合は、特開昭 57-16548

0号公報に開示されているようなコレステリック相を有する環式オルガノポリシロキサン化合物等が望ましい。なお、「3次元架橋」とは、重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を互いに3次的に重合して、網目（ネットワーク）構造の状態にすることを意味する。このような状態にすることにより、液晶分子をコレステリック液晶の状態のままで光学的に固定化することができ、光学膜としての取り扱いが容易な、常温で安定したフィルム状の膜とすることができる。

又、液晶層の材料として、液晶ポリマーを用いる場合には、液晶を呈するメソゲン基を主鎖、側鎖、あるいは主鎖及び側鎖の両方の位置に導入した高分子、コレステリル基を側鎖に導入した高分子コレステリック液晶、特開平9-133810号公報に開示されているような液晶性高分子、特開平11-293252号公報に開示されているような液晶性高分子等を用いることができる。

次に、このような構成からなる本実施の形態に係る円偏光抽出光学素子10、20の製造方法について説明する。

#### （第1の製造方法）

まず、図4（A）～（C）により、液晶層の材料として、重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を用いる場合の製造方法について説明する。

この場合には、図4（A）に示されるように、ガラス基板14上に配向膜16を形成しておき、その上に、図4（B）に示されるように、液晶分子としての重合性モノマー分子（又は重合性オリゴマー分子）18をコーティングし、配向膜16の配向規制力によって配向させる。このとき、コーティングされた重合性モノマー分子（又は重合性オリゴマー分子）18は液晶相をなしている。

次に、この配向状態のままで、図4（C）に示されるように、重合性モノマー分子（又は重合性オリゴマー分子）18を、予め添加しておいた光開始剤と外部から照射した紫外線とによって重合を開始させるか、又は電子線で直接重合を開始させることにより、3次元架橋（ポリマー化）して固化すれば、一層の液晶層からなる円偏光抽出光学素子10が作製される。

ここでは、配向膜16の配向規制力の方向を配向膜16上の全範囲で実質的に一致させておけば、これと接触する液晶分子のダイレクターの方向を、その接触面内で実質的に一致させることができる。この場合、図1に示されるように、配



向膜16と接触する表面12Aにおける液晶分子のダイレクターD<sub>a</sub>、及び表面12Aと反対側の表面12Bにおける液晶分子のダイレクターD<sub>b</sub>を、各表面12A、12Bの全範囲において実質的に一致させるためには、液晶層12の膜厚を均一にするとよい。又、図5(A)～(D)に示されるように、図4(A)～(C)に示される工程のうち、重合性モノマー分子(重合性オリゴマー分子)18を配向膜16上にコーティングした後であって、重合性モノマー分子(重合性オリゴマー分子)18を3次元架橋する前に、第2の配向膜16Aを、コーティングした重合性モノマー分子(重合性オリゴマー分子)18上に重ね(図5(C))、図4(C)に示されると同様に、紫外線又は電子線の照射により配向膜16と第2の配向膜16Aとの間で重合性モノマー分子(重合性オリゴマー分子)18を3次元架橋するようにしてもよい(図5(D))。なお、この場合、図2に示されるような円偏光抽出光学素子20を製造する場合には、第2の配向膜16Aの配向規制力の方向を配向膜16の配向規制力の方向と一致させる必要がある。又、第2の配向膜16Aは、紫外線又は電子線の照射の後工程で液晶層から剥離してもよい。

ここで、重合性モノマー分子(又は重合性オリゴマー分子)18は、溶媒に溶かしてコーティング液としてもよく、この場合には、紫外線や電子線の照射により3次元架橋する前に溶媒を蒸発させるための乾燥工程が必要となる。

又、重合性モノマー分子(又は重合性オリゴマー分子)18を所定の温度で液晶層にした場合には、これがネマチック状態になるが、ここに任意のカイラル剤を添加すれば、カイラルネマチック液晶(コレステリック液晶)となる。具体的には例えば、重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子に、カイラル剤を数%～10%程度入れるとよい。なお、カイラル剤の種類を変えてカイラルパワーを変えるか、あるいは、カイラル剤の濃度を変化させることにより、重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子のコレステリック構造に起因する選択反射波長帯域を制御することができる。

なお、配向膜16及び/又は第2の配向膜16Aは、従来から知られている方法で作成することができる。例えば、上述したようなガラス基板14上にポリイミドを成膜してラビングする方法や、ガラス基板14上に光配向膜となる高分子

化合物を成膜して偏光UV（紫外線）を照射する方法を用いる他、延伸したPET（ポリエチレンテレフタレート）フィルム等を用いることもできる。

（第2の製造方法）

次に、図6（A）～（C）により、液晶層の材料として、液晶ポリマーを用いる場合の製造方法について説明する。

この場合には、図6（A）に示されるように、上述したのと同様に、ガラス基板14上に配向膜16を形成しておく。

次に、図6（B）に示されるように、配向膜16上に、コレステリック規則性を有する液晶ポリマー32をコーティングし、配向膜16の配向規制力によって配向させる。このとき、コーティングされた液晶ポリマー32は液晶相をなしている。

その後、図6（C）に示されるように、液晶ポリマー32をガラス転移温度（ $T_g$ ）以下に冷却してガラス状態にすれば、一層の液晶層からなる円偏光抽出光学素子30が作製される。

ここで、液晶ポリマー32は、溶媒に溶かしてコーティング液としてもよく、この場合には、冷却する前に溶媒を蒸発させるための乾燥工程が必要となる。

又、液晶ポリマーとしては、液晶ポリマーそれ自体にカイラル能を有しているコレステリック液晶ポリマーそのものを用いてもよいし、ネマチック系液晶ポリマーとコレステリック系液晶ポリマーの混合物を用いてもよい。

このような液晶ポリマーは、温度によって状態が変わり、例えばガラス転移温度が90℃、アイソトロピック転移温度が200℃である場合は、90℃～200℃の間でコレステリック液晶の状態を呈し、これを室温まで冷却すればコレステリック構造を有したままでガラス状態に固化させることができる。

なお、液晶ポリマーのコレステリック構造に起因する、入射光の選択反射波長帯域を調整する方法は、コレステリック液晶ポリマー分子を用いる場合には、公知の方法で液晶分子中のカイラルパワーを調整すればよい。又、ネマチック系液晶ポリマーとコレステリック系液晶ポリマーの混合物を用いる場合は、その混合比を調整すればよい。

ここで、上述した製造方法においても、配向膜16の配向規制力の方向を配向

膜 16 上の全範囲で実質的に一致させておけば、これと接触する液晶分子のダイレクターの方向を、その接触面内で実質的に一致させることができる。

なお、液晶層における配向膜 16 と反対側の表面における液晶分子のダイレクターの方向を配向膜 16 による配向規制力の方向（即ち、配向膜 16 と接触する液晶層の表面における液晶分子のダイレクターの方向）と一致させる方法としては、上述したのと同様に、液晶層の厚さを、液晶分子の螺旋構造における分子螺旋のピッチの  $1/2$  の整数倍とするか、図 5 に示されるような第 2 の配向膜 16 A を用いるとよい。

なお、上述した実施の形態に係る円偏光抽出光学素子 10、20、30 はいずれも、一層の液晶層からなる単層構成としたが、本実施の形態はこれに限定されるものでなく、多層構成としてもよい。

具体的には、図 7 (E) に示される円偏光抽出光学素子 40 のように、プレーナ配向されたコレステリック規則性を有する複数の液晶層 42、44 が順次直接積層されていてもよい。なお、この多層構成の円偏光抽出光学素子 40 においては、液晶層 42、44 の最外面に位置する互いに対向する 2 つの主たる表面はそれぞれ、図 1 に示されるように、各表面の全範囲において液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致している。又、液晶層 42、44 の最外面に位置する互いに対向する 2 つの主たる表面の液晶分子のダイレクターの方向が実質的に平行であることが好ましい。なお、ここでいう「実質的に平行」とは、2 つのダイレクターの方向が互いに  $\pm 20^\circ$  の範囲にあることをいうものとする。なお、この円偏光抽出光学素子 40 では、液晶層 42、44 の最外面に位置する互いに対向する 2 つの主たる表面における液晶分子のダイレクターの方向を正確に一致させるため、液晶層 42、44 の厚さを、液晶分子の螺旋構造における分子螺旋のピッチの  $1/2$  の整数倍とすることが好ましい。更に、互いに隣接する液晶層 42、44 の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向は実質的に平行であることが好ましい。なお、ここでいう「実質的に平行」とは、2 つのダイレクターの方向が互いに  $\pm 5^\circ$  の範囲にあることをいうものとする。

以下、多層構成の円偏光抽出光学素子の製造方法について説明する。

(第 1 の製造方法)

まず、図7（A）～（E）により、液晶層の材料として、重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を用いる場合の製造方法について説明する。

この場合には、図7（A）に示されるように、ガラス基板14上に配向膜16を形成しておき、その上に、図7（B）に示されるように、液晶分子としての重合性モノマー分子（又は重合性オリゴマー分子）18をコーティングし、配向膜16の配向規制力によって配向させる。

次に、この配向状態のままで、図7（C）に示されるように、上述したのと同様に、光開始剤を用いての紫外線の照射又は電子線の単独照射により、重合性モノマー分子（重合性オリゴマー分子）18を3次元架橋して固化すれば、第1の液晶層42が形成される。

更に、3次元架橋された第1の液晶層42上に、図7（D）に示されるように、別途用意しておいた他の重合性モノマー分子（重合性オリゴマー分子）19を直接コーティングし、図8に示されるように、3次元架橋された第1の液晶層42の表面の配向規制力によって配向させ、この状態で、図7（E）に示されるように、上述したのと同様に、光開始剤を用いての紫外線の照射又は電子線の単独照射により3次元架橋して固化すれば、第2の液晶層44が形成され、2層構成の円偏光抽出光学素子40が作製される。

なお、3層以上の多層構成とする場合には、上述したのと同様の工程（図7（D）（E））を繰り返し、必要な数だけ順次液晶層を重ねていく。

ここで、上述した製造方法においても、配向膜16の配向規制力の方向を配向膜16上の全範囲で実質的に一致させておけば、これと接触する液晶分子のダイレクターの方向を、その接触面内で実質的に一致させることができる。又、第1の液晶層42を3次元架橋して固化する際に、図5に示されるような第2の配向膜16Aを用いて、配向膜16と反対側の主な表面における液晶分子のダイレクターの方向をその表面の全範囲で実質的に一致させるようにしてもよい。なお、3層以上の多層構成の場合においては、2番目以降の液晶層に対して同様の工程を行うことができる。

又、上述したのと同様に、偏光抽出光学素子40における液晶層42、44の最外面に位置する互いに対向する2つの主たる表面の面内における液晶分子のダ

イレクターの方向を実質的に平行にするためには、液晶層 4 4 の厚さを、図 3 に示されるように、最上面の液晶分子のダイレクターの方向が最下面のダイレクターの方向と実質的に平行になるように調整することが好ましく、これにより、液晶分子のダイレクターの方向をより確実に平行にすることができる。

(第 2 の製造方法)

次に、図 9 (A) ~ (C) により、液晶層の材料として、液晶ポリマーを用いる場合の製造方法について説明する。

この場合には、図 9 (A) に示されるように、上述したのと同様に、ガラス基板 1 4 上に配向膜 1 6 を形成しておく。

次に、図 9 (B) に示されるように、配向膜 1 6 上に、コレステリック規則性を有する液晶ポリマーをコーティングし、配向膜 1 6 の配向規制力によって配向させた後、液晶ポリマーをガラス転移温度 ( $T_g$ ) 以下に冷却してガラス状態にすることにより、第 1 の液晶層 4 2' を形成する。

その後、図 9 (C) に示されるように、第 1 の液晶層 4 2' 上に、別途用意しておいたコレステリック規則性を有する他の液晶ポリマーを直接コーティングし、ガラス状態にした第 1 の液晶層 4 2' の表面の配向規制力によって配向させた後、上述したのと同様に、液晶ポリマーをガラス転移温度 ( $T_g$ ) 以下に冷却してガラス状態にすることにより、第 2 の液晶層 4 4' が形成され、2 層構成の円偏光抽出光学素子 4 0' が作製される。

なお、3 層以上の多層構成とする場合には、上述したのと同様の工程 (図 9 (C)) を繰り返す。

ここで、上述した製造方法においても、配向膜 1 6 の配向規制力の方向を配向膜 1 6 上の全範囲で実質的に一致させておけば、これと接触する液晶分子のダイレクターの方向を、その接触面内で実質的に一致させることができる。又、第 1 の液晶層 4 2' を 3 次元架橋して固化する際に、図 5 に示されるような第 2 の配向膜 1 6 A を用いて、配向膜 1 6 と反対側の主な表面における液晶分子のダイレクターの方向をその表面の全範囲で実質的に一致させるようにしてもよい。なお、3 層以上の多層構成の場合においては、2 番目以降の液晶層に対して同様の工程を行うことができる。

又、上述したのと同様に、偏光抽出光学素子 40' における液晶層 42'、44' の最外面に位置する互いに対向する 2 つの主たる表面の面内における液晶分子のダイレクターの方向を実質的に平行にするためには、液晶層 44' の厚さを、図 3 に示されるように、最上面の液晶分子のダイレクターの方向が最下面のダイレクターの方向と実質的に平行になるように調整することが好ましく、これにより、液晶分子のダイレクターの方向をより確実に平行にすることができる。

なお、上述した本実施の形態に係る円偏光抽出光学素子 10、20、30、40 又は 40' は、例えば、図 10A に示されるように、偏光光源装置 50 に用いられる。

図 10A に示されるように、この偏光光源装置 50 において、円偏光抽出光学素子 10 (20、30、40 又は 40') は、光源 52 の光出射面 52A 側に配置され、光源 52 からの光を受光して偏光光を透過することができるようになっている。なお、光源 52 は、例えば面発光体からなり、白色の無偏光を光出射面 52A から出射するようになっている。

従って、この偏光光源装置 50 においては、光源 52 から出射された無偏光のうち、コレステリック規則性を有する液晶の螺旋ピッチに対応する波長  $\lambda_0$  (上式 (1) 参照) の右旋又は左旋の円偏光成分の一方が波長バンド幅  $\Delta\lambda$  (上式 (2) 参照) の範囲で反射され、その残りの左旋又は右旋の円偏光成分及び反射波長帯域を除く波長帯域の無偏光が透過される。従って、特定の波長帯域の右旋又は左旋の円偏光成分を得ることができる。実際には例えば、バンドパスフィルタによって、上述した、透過した円偏光成分の波長帯域を除く無偏光を除去すれば、所定の波長帯域の左旋又は右旋の円偏光成分を得ることができる。

又、このような偏光光源装置 50 は、図 10B に示されるように、例えば、液晶表示装置 60 の光源として用いられる。

図 10B に示されるように、この液晶表示装置 60 は、図 10A に示される偏光光源装置 50 と、この偏光光源装置 50 の偏光出射面 50A 側に配置され、偏光光源装置 50 の偏光出射面 50A から出射された偏光光を受光する液晶セル 62 とを備えている。なお、液晶セル 62 は、入射する所定の波長帯域の偏光光に対する透過率を、例えば印加電圧に応じて変化させて透過することができるよう

に構成されており、これによって画像等を表示することができるようになっている。

## 第2の実施の形態

次に、図11乃至図20Bにより、本発明の第2の実施の形態について説明する。

まず、図11により、本実施の形態の第1例に係る円偏光抽出光学素子110について説明する。

図11に示されるように、この円偏光抽出光学素子110は、コレステリック規則性を有する第1の液晶層112、第2の液晶層114及び第3の液晶層116を備え、これら第1～第3の液晶層112、114、116は液晶分子118のヘリカル軸118Aの方向が実質的に一致する状態（液晶層の厚さ方向に整列した状態）で直接この順で積層されている。なお、図11、図12A及び図12Bに模式的に示されるように、第1～第3の液晶層112、114、116において、コレステリック規則性を有する液晶分子118は、そのダイレクターDの方向が、液晶層の厚さ方向に連続的に回転して螺旋構造となっている。又、第1～第3の液晶層112、114、116のうち互いに隣接する液晶層の界面近傍（即ち、第1の液晶層112及び第2の液晶層114の各々の界面113近傍、及び第2の液晶層114及び第3の液晶層116の各々の界面115近傍における液晶分子118のダイレクターDの方向が実質的に一致している。なお、第1～第3の液晶層112、114、116に含まれる液晶分子118としては、例えば、コレステリック液晶やカイラルネマチック液晶等のコレステリック規則性を有するものが利用されている。

なお、コレステリック規則性を有する第1～第3の液晶層112、114、116は、上記第1の実施の形態で説明したように、物理的な分子配列（プレーナ配列）に基づいて、一方向の旋光成分（円偏光成分）と、これと逆廻りの旋光成分とを分離する旋光選択特性（偏光分離特性）を有している。

ここで、第1～第3の液晶層112、114、116のうち互いに隣接する液晶層の界面113、115近傍における液晶分子118のダイレクターDの方向が実質的に一致しているとは、図12Aに示されるように、界面113、115

の両側位置での液晶分子 118 の方向がほぼ一致しているか、図 12B に示されるように、ほぼ  $180^\circ$  ずれているかのどちらかを意味する。これは、多くの場合、液晶分子の頭と尾（尻）とを光学的に区別することができないからである。

このように、第 1～第 3 の液晶層 112、114、116 の界面 113、115 の両側で、各液晶層における液晶分子 118 のダイレクター D の方向が実質的に一致していれば、この位置での、コレステリック構造特有の円偏光反射特性に断層が生じることがない。もし、ダイレクター D の方向が実質的に一致していないと、光学的な特異点が形成されることになり、円偏光を用いて分光反射率を測定した際に、その選択反射波長に不連続な点が発生する。

なお、液晶分子のダイレクター D の方向が実質的に一致しているか否かは、液晶層 112、114、116 の断面を透過型電子顕微鏡で観察することによって判別することができる。詳細には、透過型電子顕微鏡により、コレステリック規則性を有する液晶分子が固化された液晶層 112、114、116 の断面を観察すると、コレステリック構造特有の、分子螺旋のピッチに相当する明暗模様が観察される。従って、このとき、隣接する液晶層の互いに接触する部分、即ち界面部分でほぼ同じ濃度（明暗）で観察できれば、隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクター D の方向が実質的に一致しているものと判断することができる。

ここで、円偏光抽出光学素子 10 の液晶層 112、114、116 の材料としては、3 次元架橋可能な重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を用いることができる他、液晶ポリマーを用いることもできる。

このうち、液晶層の材料として、3 次元架橋可能な重合性モノマー分子を用いる場合は、特開平 7-258638 号公報や特表平 10-508882 号公報に開示されているような、液晶性モノマー及びキラル化合物の混合物を用いることができる。又、重合性オリゴマー分子を用いる場合は、特開昭 57-165480 に開示されているようなコレステリック相を有する環式オルガノポリシロキサン化合物等が望ましい。なお、「3 次元架橋」とは、重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を互いに 3 次元的に重合して、網目（ネットワーク）構造の状態にすることを意味する。このような状態にすることにより、液晶分子をコレ



ステリック液晶の状態のままで光学的に固定化することができ、光学膜としての取り扱いが容易な、常温で安定したフィルム状の膜とすることができる。

又、液晶層の材料として、液晶ポリマーを用いる場合には、液晶を呈するメソゲン基を主鎖、側鎖、あるいは主鎖及び側鎖の両方の位置に導入した高分子、コレステリル基を側鎖に導入した高分子コレステリック液晶、特開平 9-133810 号公報に開示されているような液晶性高分子、特開平 11-293252 号公報に開示されているような液晶性高分子等を用いることができる。

次に、このような構成からなる本実施の形態に係る円偏光抽出光学素子 110 の製造方法について説明する。

#### (第 1 の製造方法)

まず、図 13 (A) ~ (E) により、液晶層の材料として、重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を用いる場合の製造方法について説明する。

この場合には、図 13 (A) に示されるように、ガラス基板 120 上に配向膜 122 を形成しておき、その上に、図 13 (B) に示されるように、液晶分子としての重合性モノマー分子 (又は重合性オリゴマー分子) 112a をコーティングし、配向膜 122 の配向規制力によって配向させる。

次に、この配向状態のまま、図 13 (C) に示されるように、予め添加しておいた光開始剤と外部から照射した紫外線とによって重合を開始させるか、又は電子線で直接重合を開始させることにより、3次元架橋 (ポリマー化) して固化すれば、第 1 の液晶層 112 が形成される。

更に、3次元架橋された第 1 の液晶層 112 上に、図 13 (D) に示されるように、別途用意しておいた他の重合性モノマー分子 (又は重合性オリゴマー分子) 114a を直接コーティングする。これにより、コーティングされた液晶分子は、3次元架橋された第 1 の液晶層 112 の表面の配向規制力によって第 1 の液晶層 112 の表面の液晶分子に整列して配向される。

このとき、3次元架橋された液晶層 112 の表面と第 2 の液晶層 114 を形成するための重合性モノマー分子 (又は重合性オリゴマー分子) 114a の液晶分子との相互作用が重要なポイントとなる。即ち、第 1 及び第 2 の液晶層 112、114 の液晶分子が接近したときに、それぞれのダイレクター D の方向がほぼ一

致又はほぼ $180^\circ$ の状態となることである。なお、ダイレクターDの方向が実質的に一致していないと、光学的な特異点が形成されることになり、円偏光を用いて分光反射率を測定した際に、その選択反射波長に不連続な点が発生する。

最後に、図13(E)に示されるように、この第2の液晶層114を、上述したの同様に、光開始剤を用いての紫外線の照射又は電子線の単独照射により3次元架橋して固化すれば、第2の液晶層114が形成され、2層構成の円偏光抽出光学素子110が作製される。

なお、3層以上の多層構成とする場合には、上述したのと同様の工程(図13(D)(E))を繰り返し、必要な数だけ順次液晶層を重ねていく。

ここで、重合性モノマー分子(又は重合性オリゴマー分子)112a、114aは、溶媒に溶かしてコーティング液としてもよく、この場合は、紫外線や電子線の照射により3次元架橋する前に溶媒を蒸発させるための乾燥工程が必要となる。

又、重合性モノマー分子(又は重合性オリゴマー分子)18を所定の温度で液晶層にした場合には、これがネマチック状態になるが、ここに任意のカイラル剤を添加すれば、カイラルネマチック液晶(コレステリック液晶)となる。具体的には例えば、重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子に、カイラル剤を数%~10%程度入れるとよい。なお、カイラル剤の種類を変えてカイラルパワーを変えるか、あるいは、カイラル剤の濃度を変化させることにより、重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子のコレステリック構造に起因する選択反射波長帯域を制御することができる。

なお、配向膜122は、従来から知られている方法で作成することができる。例えば、上述したようなガラス基板120上にポリイミドを成膜してラビングする方法や、ガラス基板120上に光配向膜となる高分子化合物を成膜して偏光UV(紫外線)を照射する方法を用いる他、延伸したPET(ポリエチレンテレフタレート)フィルム等を用いることもできる。

又、ガラス基板120に代えて基材として光透過性基材を用いることも可能である。この場合には、ポリメタアクリル酸メチル、ポリアクリル酸メチル等のアクリル酸エステル又はメタアクリル酸エステルの単独若しくは共重合体、ポリエ

チレンテレフタレート、ポリエチレンテレフタレート等のポリエステル、ポリカーボネート、ポリエチレン等の透明な樹脂、透明なセラミクス等の透光性材料からなる平面形状をしたシート状又は板状の部材を用いればよい。

(第2の製造方法)

次に、図14(A)～(C)により、液晶層の材料として、液晶ポリマーを用いる場合の製造方法について説明する。

この場合には、図14(A)に示されるように、上述したのと同様に、ガラス基板120上に配向膜122を形成しておく。

次に、図14(B)に示されるように、配向膜122上に、コレステリック規則性を有する液晶ポリマーをコーティングし、配向膜122の配向規制力によって配向させた後、液晶ポリマーをガラス転移温度( $T_g$ )以下に冷却してガラス状態にすることにより、第1の液晶層124を形成する。

その後、図14(C)に示されるように、第1の液晶層124上に、別途用意しておいたコレステリック規則性を有する他の液晶ポリマーを直接コーティングし、ガラス状態にした第1の液晶層124の表面の配向規制力によって配向させる。

このとき、ガラス状態にした液晶層124の表面と第2の液晶層126を形成するための液晶ポリマーとの相互作用が重要なポイントとなる。即ち、第1及び第2の液晶層124、126の液晶分子が接近したときに、それぞれのダイレクターDの方向がほぼ一致又はほぼ $180^\circ$ の状態となることである。なお、ダイレクターDの方向が実質的に一致していないと、光学的な特異点が形成されることになり、円偏光を用いて分光反射率を測定した際に、その選択反射波長に不連続な点が発生する。

最後に、上述したのと同様に、液晶ポリマーをガラス転移温度( $T_g$ )以下に冷却してガラス状態にすることにより、第2の液晶層126が形成され、2層構成の円偏光抽出光学素子120'が作製される。

なお、3層以上の多層構成とする場合には、上述したのと同様の工程(図14(C))を繰り返し、必要な数だけ順次液晶層を重ねていく。

ここで、液晶ポリマーは、溶媒に溶かしてコーティング液としてもよく、この

場合には、冷却する前に溶媒を蒸発させるための乾燥工程が必要である。

又、液晶ポリマーとしては、液晶ポリマーそれ自体にカイラル能を有しているコレステリック液晶ポリマーそのものを用いてもよいし、ネマチック系液晶ポリマーとコレステリック系液晶ポリマーの混合物を用いてもよい。

このような液晶ポリマーは、温度によって状態が変わり、例えばガラス転移温度が90℃、アイソトロピック転移温度が200℃である場合は、90℃～200℃の間でコレステリック液晶の状態を呈し、これを室温まで冷却すればコレステリック構造を有したままでガラス状態に固化させることができる。

なお、液晶ポリマーのコレステリック構造に起因する、入射光の選択反射波長帯域を調整する方法は、コレステリック液晶ポリマー分子を用いる場合には、公知の方法で液晶分子中のカイラルパワーを調整すればよい。又、ネマチック系液晶ポリマーとコレステリック系液晶ポリマーの混合物を用いる場合は、その混合比を調整すればよい。

なお、第1の液晶層124及び第2の液晶層126のガラス転移温度やアイソトロピック転移温度が実質的に同一の場合には、ガラス状態に固化した液晶層上に更に液晶ポリマーをコーティングしてこれを配向させるには加温が必要となるが、この加温のときに、2つの液晶層が混じり合ってしまうので、上述したガラス転移温度及びアイソトロピック転移温度は互いに少し異なるようにすることが好ましい。

次に、図15により、本実施の形態の第2例に係る円偏光抽出光学素子130について説明する。

図15に示されるように、この円偏光抽出光学素子130は、上述したような製造方法によって形成された第1の液晶層132及び第2の液晶層134における液晶分子の分子螺旋の1ピッチ当たりの距離 $p_1$ 及び $p_2$ が互いに異なっている。

ここで、分子螺旋の1ピッチ当たりの距離とは、各液晶層における液晶分子の配列の方向（ダイレクターの方向）が、分子螺旋の中心軸（ヘリカル軸）に対して1回転するのに必要な厚さ方向の距離 $p_1$ 、 $p_2$ （図15参照）をいう。

このようにして、積層された複数の液晶層132、134における液晶分子の

分子螺旋の1ピッチ当たりの距離を異ならせると、異なる波長の円偏光を抽出することができ、その波長バンド幅を大きくすることができる。

次に、図16により、本実施の形態の第3例に係る円偏光抽出光学素子140について説明する。

図16に示されるように、この円偏光抽出光学素子140は、3層の第1～第3の液晶層142、144、146を上述したのと同様に積層したものである。各液晶層142、144、146における液晶分子の分子螺旋の1ピッチ当たりの距離は互いに異なり、これにより、反射する円偏光の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ がそれぞれ異なっている。

なお、図16では、各液晶層142、144、146のそれぞれにおける液晶分子の旋回方向は同一であり、各液晶層142、144、146において、右旋の円偏光成分Rの一部が反射され、左旋の円偏光成分Lが透過される場合が示されている。

ここで、各液晶層142、144、146の厚さは、例えば、各液晶層における最大反射率を得るための厚さが分子螺旋の8ピッチ分とすると、これより少ない6.4ピッチ分の厚さとなるよう調整されている。即ち、各液晶層142、144、146の厚さは、入射した光のうち特定の波長の光の右旋又は左旋の円偏光成分の一方を最大反射率で反射するための必要厚さよりも薄くなっている。

なお、このようなコレステリック規則性を有する液晶層142、144、146において、入射した無偏光は、上述したような偏光分離特性に従って、波長 $\lambda_0$ を中心とした波長バンド幅 $\Delta\lambda$ の範囲の光の右旋又は左旋の円偏光成分の一方が反射され、他方の円偏光成分及び反射波長帯域を除く他の波長帯域の光（無偏光）が透過される。なお、反射された右旋又は左旋の円偏光成分は、通常の反射とは異なり、位相が反転されることなくそのまま反射される。

一般的に、右旋又は左旋の円偏光成分の一方を最大反射率（通常95%～99%）で反射し、他方を透過するようにするためには、そのピッチ数が少なくとも8ピッチ必要である。

これに対して、図16における各液晶層142、144、146のピッチ数は6.4ピッチと、上述した必要ピッチ数よりも少なくされている。

従って、上述した $\Delta\lambda$ の範囲では、右旋又は左旋の円偏光成分の一方の反射光量を80%、透過光量を20%とするようなことができる。なお、他方の円偏光成分については、コレステリック構造のピッチ数が8ピッチのときと比較して、透過率が向上し、100%近くになる。

又、例えば、各液晶層142、144、146のピッチ数を、例えば5.6ピッチとすれば、各液晶層142、144、146における右旋又は左旋の円偏光成分の一方の反射光量を70%、同様に透過光量を30%とすることができる。即ち、各液晶層142、144、146のピッチ数によって最大反射率に対する任意の反射率及び透過率を得ることができる。

又、一般的に、右旋又は左旋の円偏光成分の一方を最大反射率（通常95%～99%）で反射し、他方を透過するようにするためには、その厚さが、可視光領域における波長380nmの光では少なくとも1.6 $\mu\text{m}$ 、780nmの光では少なくとも3.3 $\mu\text{m}$ 必要である。

これに対して、図16における各液晶層142、144、146の厚さは、可視光領域においては例えば1.24 $\mu\text{m}$ （380nm）～2.6 $\mu\text{m}$ （780nm）（各液晶層の厚さは選択反射波長に対してリニアに変化させる）として、上述した必要厚さよりも薄くされている。

従って、上述した $\Delta\lambda$ の範囲では、右旋又は左旋の円偏光成分の一方の反射光量を80%、透過光量を20%とするようなことができる。なお、他方の円偏光成分については、厚さが5 $\mu\text{m}$ のときと比較して、透過率が向上し、100%近くになる。

又、例えば、各液晶層142、144、146の厚さを、例えば1.1 $\mu\text{m}$ （380nm）～2.3 $\mu\text{m}$ （780nm）（各液晶層の厚さは選択反射波長に対してリニアに変化させる）とすれば、各液晶層142、144、146における右旋又は左旋の円偏光成分の一方の反射光量を70%、同様に透過光量を30%とすることができる。即ち、各液晶層142、144、146の厚さによって最大反射率に対する任意の反射率及び透過率を得ることができる。

更に、円偏光抽出光学素子160は、各層が右旋又は左旋の円偏光成分の一方を最大反射率で反射する場合よりも薄くされているので、反射光を形成するため

の入射光と反対側から入射する透過光によっても、反射光と同様の円偏光成分を得ることができる。

図16における円偏光抽出光学素子140は、第1～第3の液晶層142、144、146の反射波長が異なるようにしたものであるが、本実施の形態はこれに限定されるものでない。

具体的には例えば、図17に示される、本実施の形態の第4例に係る円偏光抽出光学素子150のように、第1～第3の液晶層152、154、156の反射波長が同一となるようにしてもよい。ここで、第2の液晶層54においては左旋の円偏光成分Lの一部が反射され、右旋の円偏光成分Rの一部が反射される第1及び第3の液晶層152、156とは異なっている。

このようにすることにより、所定の波長帯域の右旋及び左旋の円偏光成分を同時に且つ任意の割合で抽出することができる。

次に、図18により、本実施の形態の第5例に係る円偏光抽出光学素子160について説明する。

図18に示されるように、この円偏光抽出光学素子160は、分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が異なる第1及び第2の液晶層162、164の間に、遷移液晶層166を設けたものである。

ここで、第1及び第2の液晶層162、164の分子螺旋の1ピッチ当たりの距離を $p_1$ 、 $p_2$ とし、遷移液晶層166の分子螺旋1ピッチ当たりの距離を $p_s$ としたとき、 $p_1 < p_2$ 、かつ、 $p_1 \leq p_s \leq p_2$ となるようにしている。

即ち、遷移液晶層166の分子螺旋の1ピッチ当たりの距離はその厚さ方向に変化し、第1の液晶層162との界面163では $p_1$ 、第2の液晶層164との界面165では $p_2$ となるようにされている。具体的には、第1の液晶層162上に第2の液晶層164をコーティングしたときに、第1の液晶層162が少し溶けるようにするとよく、これにより、抽出される円偏光の波長帯域を連続した広帯域にすることができる。

なお、図15に示される円偏光抽出光学素子30のように、分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が異なる液晶層を積層する場合には、図19に示されるように、各液晶層のうち少なくとも2層での選択反射波長帯域の一部が重なるようにする

と、即ち、積層された各液晶層のうち少なくとも2層は、その選択反射波長帯域の中心領域C1とC2とが異なり、且つ、一方の端部領域E1とE2とが互いに一部重なるようにするとよく、これにより、抽出される円偏光の波長帯域を連続した広帯域にすることができる。

なお、上述した本実施の形態に係る円偏光抽出光学素子110、130、140、150又は160は、例えば、図20Aに示されるように、偏光光源装置180に用いられる。

図20Aに示されるように、この偏光光源装置180において、円偏光抽出光学素子184(110、130、140、150又は160)は、光源182の光出射面182A側に配置され、光源182からの光を受光して偏光光を透過することができるようになっている。なお、光源182は、例えば面光源装置からなり、白色の無偏光を光出射面182Aから出射するようになっている。

従って、この偏光光源装置180においては、光源182から出射された無偏光のうち、コレステリック規則性を有する液晶の螺旋ピッチに対応する波長 $\lambda_0$ (上式(1)参照)の右旋又は左旋の円偏光成分の一方が波長バンド幅 $\Delta\lambda$ (上式(2)参照)の範囲で反射され、その残りの左旋又は右旋の円偏光成分及び反射波長帯域を除く波長帯域の無偏光が透過される。従って、特定の波長帯域の右旋又は左旋の円偏光成分を得ることができる。実際には例えば、バンドパスフィルタによって、上述した、透過した円偏光成分の波長帯域を除く無偏光を除去すれば、所定の波長帯域の左旋又は右旋の円偏光成分を得ることができる。

又、このような偏光光源装置180は、図20Bに示されるように、例えば、液晶表示装置190の光源として用いられる。

図20Bに示されるように、この液晶表示装置190は、図20Aに示される偏光光源装置180と、この偏光光源装置180の偏光出射面180A側に配置され、偏光光源装置180の偏光出射面180Aから出射された偏光光を受光する液晶セル192とを備えている。なお、液晶セル192は、入射する所定の波長帯域の偏光光に対する透過率を、例えば印加電圧に応じて変化させて透過することができるように構成されており、これによって画像等を表示することができるようになっている。



## 実 施 例

### 第1の実施例

次に、上述した第1の実施の形態の実施例について、比較例を参照しながら述べる。

#### (実施例1-1)

実施例1-1では、重合性モノマー分子からなる単層の液晶層の膜厚を一定として、液晶分子のダイレクターの方向を一致させた。

両端末に重合可能なアクリレートを有するとともに中央部のメソゲンと前記アクリレートとの間にスペーサーを有する、ネマチック-アイソトロピック転移温度が110℃であるモノマー分子90部と、両端末に重合可能なアクリレートを有するカイラル剤分子10部とを溶解させたトルエン溶液を準備した。なお、前記トルエン溶液には、前記モノマー分子に対して5重量%の光開始剤を添加した。

(なお、このようにして得られるカイラルネマチック液晶に関しては、配向膜上でそのラビング方向±5度の範囲に液晶分子のダイレクターが揃うことを確認している。)

一方、透明なガラス基板上に、溶媒に溶かしたポリイミドをスピンコーティング法によりコーティングし、乾燥後、200℃で成膜し(膜厚0.1μm)、一定方向にラビングして配向膜として機能するようにした。

そして、このような配向膜付きのガラス基板をスピンコーターにセットし、前記モノマー分子等を溶解させたトルエン溶液をできるだけ膜厚が一定になるような条件でスピンコーティングした。

次に、80℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、配向膜上に形成された塗膜がコレステリック相を呈することを目視で選択反射により確認した。

そして、前記塗膜に紫外線を照射し、塗膜中の光開始剤から発生するラジカルによってモノマー分子のアクリレートを3次元架橋してポリマー化し、単層の円偏光抽出光学素子を作製した。このときの塗膜の膜厚は2μm±1.5%であった。又、分光光度計で測定したところ、塗膜の選択反射波長帯域の中心波長は6

00nmであった。

又、図21に示されるのと同様に、円偏光板をクロスニコル状態にして、その間に、上述したようにして作製された円偏光抽出光学素子を挟んで目視で観察したところ、表示面内に観察される明暗模様は極僅かだった。

(比較例1-1)

比較例1-1では、重合性モノマー分子からなる単層の液晶層の膜厚を不均一にして、液晶分子のダイレクターの方向を乱した。即ち、スピncerの条件を変更して膜厚を $2\mu\text{m} \pm 5\%$ にした以外は実施例1-1と同様に作製した円偏光抽出光学素子を、同様に観察したところ、表示面内にははっきりとした明暗模様が観察された。

(比較例1-2)

比較例1-2では、重合性モノマー分子からなる単層の液晶層が形成される配向膜のラビング方向を不均一にして、液晶分子のダイレクターの方向を乱した。即ち、配向膜のラビング方向を表示面内で不均一にした以外は実施例1-1と同様に作製した円偏光抽出光学素子を、同様に観察したところ、表示面内にははっきりとした明暗模様が観察された。

(実施例1-2)

実施例1-2では、重合性モノマー分子からなる単層の液晶層の膜厚を一定とし、かつピッチを合わせることにより、液晶層の互いに対向する2つの主たる表面における液晶分子のダイレクターの方向を平行にした。即ち、液晶層の膜厚を、用いる材料の屈折率からコレステリック構造の始点と終点のダイレクターの方向が平行になるような膜厚にした以外は実施例1-1と同様に作製した円偏光抽出光学素子を、同様に観察したところ、そうしなかった場合に比較して、表示面内に観察される明暗模様は明らかに減少した。

(実施例1-3)

実施例1-3では、重合性モノマー分子からなる多層の液晶層の膜厚を一定として、液晶分子のダイレクターの方向を一致させた。

実施例1-1で作製した円偏光抽出光学素子を第1の液晶層として、その配向膜と反対側の表面に、カイラル剤分子が15部である以外は実施例1-1と同じ

トルエン溶液を、前回よりは速い回転数でスピンコーティングした。

次に、80℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、第1の液晶層上に形成された塗膜がコレステリック相を呈することを目視で選択反射により確認した。分光光度計で測定したところ、2層目の塗膜の選択反射波長帯域の中心波長は500nm付近だった。

そして、前記塗膜に紫外線を照射し、塗膜中の光開始剤から発生するラジカルによってモノマー分子のアクリレートを3次元架橋してポリマー化し、第2の液晶層を形成し、多層の円偏光抽出光学素子を作製した。このときの総膜厚は3.5μm±1.5%であった。

作製された複数の液晶層の断面を透過型電子顕微鏡で観察したところ、ポリマー化した各液晶層間の明暗模様は互いに平行な状態で（このことから、ヘリカル軸の方向が一致していることが分かる）、液晶層間には断層が観察されなかった（このことから、近接する液晶層の表面間の、液晶分子のダイレクターの方向が一致していることが分かる）。

又、図21に示されるのと同様に、円偏光板をクロスニコル状態にして、その間に、上述したようにして作製された円偏光抽出光学素子を挟んで目視で観察したところ、表示面内に観察される明暗模様は極僅かだった。

#### （比較例1-3）

比較例1-3では、重合性モノマー分子からなる多層の液晶層の膜厚を不均一にして、液晶分子のダイレクターの方向を乱した。即ち、スピンコーターの条件を変更して総膜厚を3.5μm±5%にした以外は実施例1-3と同様に作製した円偏光抽出光学素子を、同様に観察したところ、表示面内にははっきりとした明暗模様が観察された。

#### （実施例1-4）

実施例1-4では、液晶ポリマーからなる多層の液晶層の膜厚を一定として、液晶分子のダイレクターの方向を一致させた。

ガラス転移温度が80℃でアイソトロピック転移温度が200℃であるアクリル系の側鎖型液晶ポリマーを溶解させたトルエン溶液を準備した。（なお、このようにして得られる高分子コレステリック液晶に関しては、配向膜上でそのラビ

ング方向±5度の範囲にダイレクターが揃うことを確認している。)

一方、透明なガラス基板上に、溶媒に溶かしたポリイミドをスピンコーティング法によりコーティングし、乾燥後、200℃で成膜し(膜厚0、1μm)、一定方向にラビングして配向膜として機能するようにした。

そして、このような配向膜付きのガラス基板をスピンコーターにセットし、前記液晶ポリマーを溶解させたトルエン溶液をできるだけ膜厚が一定になるような条件でスピンコーティングした。

次に、90℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、配向膜上に形成された塗膜を150℃で10分間保持し、前記塗膜がコレステリック相を呈することを目視で選択反射により確認した。更に、前記塗膜を室温まで冷却して液晶ポリマーをガラス状態にして固定化し、第1の液晶層を形成した。このときの膜厚は2μm±1.5%だった。又、分光光度計で測定したところ、第1の液晶層の選択反射波長帯域の中心波長は600nmだった。

更に、ガラス状態にして固定化した第1の液晶層上に、ガラス転移温度が75℃でアイソトロピック転移温度が190℃であるアクリル系の側鎖型液晶ポリマーを溶解させたトルエン溶液を、前回よりは速い回転数でスピンコーティングした。

次に、80℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、第1の液晶層上に形成された塗膜がコレステリック相を呈することを目視で選択反射により確認した。又、分光光度計で測定したところ、2層目の塗膜の選択反射帯域の中心波長は500nm付近だった。

次に、90℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、前記塗膜を150℃で10分間保持し、前記塗膜がコレステリック相を呈することを目視で選択反射により確認した。更に、前記塗膜を室温まで冷却して液晶ポリマーをガラス状態にして固定化し、第2の液晶層を形成し、多層の円偏光抽出光学素子を作製した。このときの総膜厚は3.5μm±1.5%だった。

作製された複数の液晶層の断面を透過型電子顕微鏡で観察したところ、固定化した各液晶層間の明暗模様は互いに平行な状態で(このことから、ヘリカル軸の方向が一致していることが分かる)、液晶層間には断層が観察されなかった(こ

のことから、近接する液晶層の表面間の、液晶分子のダイレクターの方向が一致していることが分かる)。更に、分光光度計で測定したところ、透過率に光学的な特異点は観察されなかった。

又、図21に示されるのと同様に、円偏光板をクロスニコル状態にして、その間に、上述したようにして作製された円偏光抽出光学素子を挟んで目視で観察したところ、表示面内に観察される明暗模様は極僅かだった。

#### (比較例1-4)

比較例1-4では、液晶ポリマーからなる多層の液晶層の膜厚を不均一にして、液晶分子のダイレクターの方向を乱した。即ち、スピンコーターの条件を変更して総膜厚を $3.5\mu\text{m} \pm 5\%$ にした以外は実施例1-4と同様に作製した円偏光抽出光学素子を、同様に観察したところ、表示面内にははっきりとした明暗模様が観察された。

### 第2の実施例

次に、上述した第2の実施の形態の実施例について、比較例を参照しながら述べる。

#### (実施例2-1)

実施例2-1では、重合性モノマー分子からなる多層の液晶層の界面における液晶分子のダイレクターの方向をラビングにより一致させた。

両末端に重合可能なアクリレートを有するとともに中央部のメソゲンと前記アクリレートとの間にスペーサーを有する、ネマチック-アイソトロピック転移温度が $110^{\circ}\text{C}$ であるモノマー分子90部と、両末端に重合可能なアクリレートを有するカイラル剤分子10部とを溶解させたトルエン溶液を準備した。なお、前記トルエン溶液には、前記モノマー分子に対して5重量%の光開始剤を添加した。(なお、このようにして得られるカイラルネマチック液晶に関しては、配向膜上でそのラビング方向 $\pm 5^{\circ}$ の範囲に液晶分子のダイレクターが揃うことを確認している。)

一方、透明なガラス基板上に、溶媒に溶かしたポリイミドをスピンコーティング法によりコーティングし、乾燥後、 $200^{\circ}\text{C}$ で成膜し(膜厚 $0.1\mu\text{m}$ )、一定方向にラビングして配向膜として機能するようにした。

そして、このような配向膜付きのガラス基板をスピンコーターにセットし、前記モノマー分子等を溶解させたトルエン溶液をスピンコーティングした。

次に、80℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、配向膜上に形成された塗膜がコレステリック相を呈することを目視で選択反射により確認した。

そして、前記塗膜に紫外線を照射し、塗膜中の光開始剤から発生するラジカルによってモノマー分子のアクリレートを3次元架橋してポリマー化し、第1の液晶層（膜厚2  $\mu\text{m}$ ）を形成した。分光光度計で測定したところ、第1の液晶層の選択反射波長帯域の中心波長は600 nm付近であった。

更に、ポリマー化した前記第1の液晶層の表面を、当該表面のダイレクターの方向にラビングした。なお、第1の液晶層の表面のダイレクターの方向は、配向膜のラビング方向、コレステリック液晶の選択反射波長、コレステリック液晶の屈折率及び膜厚から計算によって算出できる他、光学的に測定することも可能であり、又、断面を透過型電子顕微鏡で確認することによっても判別することが可能である。

更に、ラビングした前記第1の液晶層上に、カイラル剤分子が15部である以外は上記と同じトルエン溶液を、前回よりは速い回転数でスピンコーティングした。

次に、80℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、第1の液晶層上に形成された塗膜がコレステリック相を呈することを目視で選択反射により確認した。分光光度計で測定したところ、2層目の塗膜の選択反射波長帯域の中心波長は500 nm付近だった。

そして、前記塗膜に紫外線を照射して、塗膜中の光開始剤から発生するラジカルによってモノマー分子のアクリレートを3次元架橋してポリマー化し、第2の液晶層（膜厚1.5  $\mu\text{m}$ ）を形成し、多層の円偏光抽出光学素子を作製した。

作製された複数の液晶層の断面を透過型電子顕微鏡で観察したところ、ポリマー化した各液晶層間の明暗模様は互いに平行な状態で（このことから、ヘリカル軸の方向が一致していることが分かる）、液晶層間には断層が観察されなかった（このことから、近接する液晶層の表面間の、液晶分子のダイレクターの方向が

一致していることが分かる)。更に、分光光度計で測定したところ、透過率に光学的な特異点は観察されなかった。

(比較例 2-1)

比較例 2-1 では、重合性モノマー分子からなる多層の液晶層の界面における液晶分子のダイレクターの方向をラビングにより不一致にさせた。即ち、ポリマー化した塗膜の表面を、塗膜の表面のダイレクターの方向から 90 度の方向にラビングした以外は実施例 2-1 と同様にした。

作製された複数の液晶層の断面を透過型電子顕微鏡で観察したところ、ポリマー化した各液晶層間の明暗模様は互いに平行な状態であったが(このことから、ヘリカル軸の方向が一致していることが分かる)、液晶層間に断層が観察された(このことから、近接する液晶層の表面間の、液晶分子のダイレクターの方向が一致していないことが分かる)。更に、分光光度計で測定したところ、透過率に光学的な特異点が観察され、詳しく調べてみると、円偏光の状態が乱されていた。

(実施例 2-2)

実施例 2-2 では、重合性モノマー分子からなる多層の液晶層の界面における液晶分子のダイレクターの方向を直接積層により一致させた。

ポリマー化した塗膜をラビングしなかった以外は実施例 2-1 と同様にした。

作製された複数の液晶層の断面を透過型電子顕微鏡で観察したところ、ポリマー化した各液晶層間の明暗模様は互いに平行な状態で(このことから、ヘリカル軸の方向が一致していることが分かる)、液晶層間には断層が観察されなかった(このことから、近接する液晶層の表面間の、液晶分子のダイレクターの方向が一致していることが分かる)。更に、分光光度計で測定したところ、透過率に光学的な特異点は観察されなかった。

(実施例 2-3)

実施例 2-3 では、液晶ポリマーからなる多層の液晶層の界面における液晶分子のダイレクターの方向を直接積層により一致させた。

ガラス転移温度が 80℃でアイソトロピック転移温度が 200℃であるアクリル系の側鎖型液晶ポリマーを溶解させたトルエン溶液を準備した。(なお、このようにして得られる高分子コレステリック液晶に関しては、配向膜上でそのラビ

ング方向±5度の範囲にダイレクターが揃うことを確認している。)

一方、透明なガラス基板上に、溶媒に溶かしたポリイミドをスピンコーティング法によりコーティングし、乾燥後、200℃で成膜し(膜厚0.1μm)、一定の方向にラビングして配向膜として機能するようにした。

そして、このような配向膜付きのガラス基板をスピンコーターにセットし、前記液晶ポリマーを溶解させたトルエン溶液をスピンコーティングした。

次に、90℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、配向膜上に形成された塗膜を150℃で10分間保持し、前記塗膜がコレステリック相を呈することを目視で選択反射により確認した。更に、前記塗膜を室温まで冷却して液晶ポリマーをガラス状態にして固定化し、第1の液晶層(膜厚2μm)を形成した。分光光度計で測定したところ、第1の液晶層の選択反射波長帯域の中心波長は600nm付近だった。

更に、ガラス状態にして固定化した第1の液晶層上に、ガラス転移温度が75℃でアイソトロピック転移温度が190℃であるアクリル系の側鎖型液晶ポリマーを溶解させたトルエン溶液を、前回よりは速い回転数でスピンコーティングした。

次に、80℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、第1の液晶層上に形成された塗膜がコレステリック相を呈することを目視で選択反射により確認した。又、分光光度計で測定したところ、2層目の塗膜の選択反射帯域の中心波長は500nm付近だった。

次に、90℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、前記塗膜を150℃で10分間保持し、前記塗膜がコレステリック相を呈することを目視で選択反射により確認した。更に、前記塗膜を室温まで冷却して液晶ポリマーをガラス状態にして固定化し、第2の液晶層(膜厚1.5μm)を形成し、多層の円偏光抽出光学素子を作製した。

作製された複数の液晶層の断面を透過型電子顕微鏡で観察したところ、固定化した各液晶層間の明暗模様は互いに平行な状態で(このことから、ヘリカル軸の方向が一致していることが分かる)、液晶層間には断層が観察されなかった(このことから、近接する液晶層の表面間の、液晶分子のダイレクターの方向が一致



していることが分かる)。更に、分光光度計で測定したところ、透過率に光学的な特異点は観察されなかった。

(実施例 2-4)

実施例 2-4 は、重合性モノマー分子からなる多層の液晶層の間に遷移液晶層を設けたものである。

両末端に重合可能なアクリレートを有するとともに中央部のメソゲンと前記アクリレートとの間にスペーサーを有する、ネマチック-アイソトロピック転移温度が 110℃であるモノマー分子 90 部と、両末端に重合可能なアクリレートを有するカイラル剤分子 10 部とを溶解させたトルエン溶液を準備した。なお、前記トルエン溶液には、前記モノマー分子に対して 3 重量%の光開始剤を添加した。(なお、このようにして得られるカイラルネマチック液晶に関しては、配向膜上で、ラビング方向±5度の範囲にダイレクターが揃うことを確認している。)

一方、透明なガラス基板上に、溶媒に溶かしたポリイミドをスピンコーティング法によりコーティングし、乾燥後、200℃で成膜し(膜厚 0.1 μm)、ラビングして配向膜として機能するようにした。

そして、このような配向膜付きのガラス基板をスピンコーターにセットし、前記液晶ポリマーを溶解させたトルエン溶液をスピンコーティングした。

次に、80℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、配向膜上に形成された塗膜がコレステリック層を呈することを目視で選択反射により確認した。

そして、前記塗膜に実施例 2-1 の 1/10 の照射量の紫外線を照射し、塗膜中の光開始剤から発生するラジカルによってモノマー分子のアクリレートを 3 次元架橋してポリマー化し、第 1 の液晶層(膜厚 2 μm)を形成した。分光光度計で測定したところ、第 1 の液晶層の選択反射波長帯域の中心波長は 600 nm 付近だった。

更に、ポリマー化した前記第 1 の液晶層上に、カイラル剤分子が 15 部である以外は上記と同じトルエン溶液を、前回よりは速い回転数でスピンコーティングした。

次に、80℃で前記トルエン溶液中のトルエンを蒸発させ、更に、第 1 の液晶

層上に形成された塗膜がコレステリック層を呈することを目視で選択反射により確認した。分光光度計で測定したところ、2層目の塗膜の選択反射帯域の中心波長は500nm付近だった。

そして、前記塗膜に紫外線を照射して、塗膜中の光開始剤から発生するラジカルによってモノマー分子のアクリレートを3次元架橋してポリマー化し、第2の液晶層（膜厚1.5 $\mu$ m）を形成し、多層の円偏光抽出光学素子を作製した。

作製された複数の液晶層の断面を透過型電子顕微鏡で観察したところ、ポリマー化した各液晶層間の明暗模様は互いに平行な状態で（このことから、ヘリカル軸の方向が一致していることが分かる）、液晶層間には断層が観察されなかった（このことから、近接する液晶層の表面間の、液晶分子のダイレクターの方向が一致していることが分かる）。更に、分光光度計で測定したところ、透過率に光学的な特異点は観察されなかった。

又、液晶層間に明暗模様の遷移層が観察された。この遷移層は、明暗模様のピッチが、隣接する液晶層と一致しており、遷移層の中ではその中間的状态だった。

遷移層ができた理由は、1層目の液晶層が、光開始剤の添加量や紫外線照射量を少なくすることによって完全に3次元架橋せず、1層目の液晶層の成分が2層目の液晶層に部分的に物質移動したためと考えられる。

## 請 求 の 範 囲

1. プレーナー配向されたコレステリック規則性を有する液晶層を備え、  
前記液晶層の互いに対向する2つの主たる表面のうち、一方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致するとともに、他方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向も実質的に一致していることを特徴とする円偏光抽出光学素子。
2. 前記一方の表面の液晶分子のダイレクターの方向と前記他方の表面の液晶分子のダイレクターの方向とが実質的に平行であることを特徴とする、請求項1に記載の円偏光抽出光学素子。
3. 前記液晶層の前記一方の表面における液晶分子と前記他方の表面における液晶分子との間に、 $0.5 \times$  整数倍のピッチ数の液晶分子の螺旋構造があることを特徴とする、請求項2に記載の円偏光抽出光学素子。
4. プレーナー配向されたコレステリック規則性を有する複数の液晶層であって、順次直接積層された複数の液晶層を備え、  
前記複数の液晶層の最外面に位置する互いに対向する2つの主たる表面のうち、一方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致するとともに、他方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向も実質的に一致することを特徴とする円偏光抽出光学素子。
5. 前記一方の表面の液晶分子のダイレクターの方向と前記他方の表面の液晶分子のダイレクターの方向とが実質的に平行であることを特徴とする、請求項4に記載の円偏光抽出光学素子。
6. 前記一方の表面における液晶分子と前記他方の表面における液晶分子との間に、 $0.5 \times$  整数倍のピッチ数の液晶分子の螺旋構造があることを特徴とする、請求項5に記載の円偏光抽出光学素子。
7. 前記複数の液晶層のうち互いに隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に平行であることを特徴とする、請求項4に記載の円偏光抽出光学素子。
8. コレステリック規則性を有する重合性モノマー分子又は重合性オリゴマ

一分子を含む液晶分子を、配向規制力の方向が膜上の全範囲で実質的に同一とされた配向膜上にコーティングし、前記配向膜の配向規制力によって当該液晶分子を配向させる工程と、

前記配向膜の配向規制力によって配向された前記液晶分子を3次元架橋して第1の液晶層を形成する工程と、

前記第1の液晶層上に、コレステリック規則性を有する他の重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を含む他の液晶分子を直接コーティングし、3次元架橋した前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって当該他の液晶分子を配向させる工程と、

3次元架橋した前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって配向された前記他の液晶分子を3次元架橋して第2の液晶層を形成する工程とを含むことを特徴とする、円偏光抽出光学素子の製造方法。

9. 前記第1の液晶層及び前記第2の液晶層のそれぞれの対向する2つの主たる表面のうち、一方の表面の液晶分子のダイレクターの方向と他方の表面の液晶分子のダイレクターの方向とが実質的に平行となるように、前記第1の液晶層及び前記第2の液晶層の厚さをそれぞれ調整することを特徴とする、請求項8に記載の円偏光抽出光学素子の製造方法。

10. 前記液晶分子を前記配向膜上にコーティングして配向させる際に、前記配向膜と異なる側の表面に別の配向膜を積層することで、前記第1の液晶層の表面の配向を規制することを特徴とする、請求項8に記載の円偏光抽出光学素子の製造方法。

11. コレステリック規則性を有する液晶ポリマーを、配向規制力の方向が膜上の全範囲で実質的に同一とされた配向膜上にコーティングし、前記配向膜の配向規制力によって当該液晶ポリマーを配向させる工程と、

前記配向膜の配向規制力によって配向された前記液晶ポリマーを冷却してガラス状態にすることにより第1の液晶層を形成する工程と、

前記第1の液晶層上に、コレステリック規則性を有する他の液晶ポリマーを直接コーティングし、ガラス状態にした前記第1の液晶層の表面の配向規制力によって前記他の液晶ポリマーを配向させる工程と、

ガラス状態にした前記第 1 の液晶層の表面の配向規制力によって配向された前記他の液晶ポリマーを冷却してガラス状態にすることにより第 2 の液晶層を形成する工程とを含むことを特徴とする、円偏光抽出光学素子の製造方法。

12. 前記第 1 の液晶層及び前記第 2 の液晶層のそれぞれの対向する 2 つの主たる表面のうち、一方の表面の液晶分子のダイレクターの方向と他方の表面の液晶分子のダイレクターの方向とが実質的に平行となるように、前記第 1 の液晶層及び前記第 2 の液晶層の厚さをそれぞれ調整することを特徴とする、請求項 1 に記載の円偏光抽出光学素子の製造方法。

13. 前記液晶ポリマーを前記配向膜上にコーティングして配向させる際に、前記配向膜と異なる側の表面に別の配向膜を積層することで、前記第 1 の液晶層の表面の配向を規制することを特徴とする、請求項 11 に記載の円偏光抽出光学素子の製造方法。

14. 光源と、

請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の円偏光抽出光学素子であって、前記光源からの光を受光して偏光光を透過する円偏光抽出光学素子とを備えたことを特徴とする偏光光源装置。

15. 請求項 14 に記載の偏光光源装置と、

前記偏光光源装置から出射された偏光光を受光して、前記偏光光に対する透過率を変化させて透過する液晶セルとを備えたことを特徴とする液晶表示装置。

16. コレステリック規則性を有する複数の液晶層を備え、

前記複数の液晶層は液晶分子のヘリカル軸の方向が実質的に一致する状態で積層され、かつ、前記複数の液晶層のうち互いに隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致していることを特徴とする円偏光抽出光学素子。

17. 前記各液晶層は、3 次元架橋された重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子からなることを特徴とする、請求項 16 に記載の円偏光抽出光学素子。

18. 前記各液晶層は、液晶ポリマーからなることを特徴とする請求項 16 に記載の円偏光抽出光学素子。

19. 前記複数の液晶層のうちの少なくとも一層の液晶層は、液晶分子の螺旋構造における分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が、他の液晶層の液晶分子の螺旋構造における分子螺旋の1ピッチ当たりの距離と異なることを特徴とする、請求項16に記載の円偏光抽出光学素子。

20. 前記各液晶層の厚さは、入射した光のうち特定の波長の光の右旋又は左旋の円偏光成分の一方を最大反射率で反射するための必要厚さよりも薄いことを特徴とする、請求項16に記載の円偏光抽出光学素子。

21. 前記各液晶層における液晶分子の旋回方向が同一であることを特徴とする、請求項16に記載の円偏光抽出光学素子。

22. 前記複数の液晶層のうち少なくとも2層の液晶層の選択反射波長帯域は、中心領域が異なる帯域であって、かつ、その端部領域が互いに一部重なることを特徴とする、請求項21に記載の円偏光抽出光学素子。

23. コレステリック規則性を有する複数の液晶層と、  
前記複数の液晶層のうち少なくとも隣接する2層の液晶層の間に配置された遷移液晶層であって、液晶分子の螺旋構造における分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が厚さ方向に変化する遷移液晶層とを備え、

前記複数の液晶層は液晶分子のヘリカル軸の方向が実質的に一致する状態で積層され、かつ、前記複数の液晶層のうち互いに隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致し、さらに、前記遷移液晶層に隣接する前記2つの液晶層のうちの一方は、液晶分子の螺旋構造における分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が、他方の接液晶層の液晶分子の螺旋構造における分子螺旋の1ピッチ当たりの距離と異なり、かつ、前記遷移液晶層における液晶分子の分子螺旋の1ピッチ当たりの距離が、隣接する前記一方の液晶層側では当該一方の液晶層の分子螺旋の1ピッチ当たりの距離と実質的に等しく、前記他方の液晶層側では当該他方の液晶層の分子螺旋の1ピッチ当たりの距離と実質的に等しいことを特徴とする円偏光抽出光学素子。

24. コレステリック規則性を有する重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を含む液晶分子を配向膜上にコーティングし、前記配向膜の配向規制力によって当該液晶分子を配向させる工程と、

前記配向膜の配向規制力によって配向された前記液晶分子を 3 次元架橋して第 1 の液晶層を形成する工程と、

前記第 1 の液晶層上に、コレステリック規則性を有する他の重合性モノマー分子又は重合性オリゴマー分子を含む他の液晶分子を直接コーティングし、3 次元架橋した前記第 1 の液晶層の表面の配向規制力によって当該他の液晶分子を配向させる工程と、

3 次元架橋した前記第 1 の液晶層の表面の配向規制力によって配向された前記他の液晶分子を 3 次元架橋して第 2 の液晶層を形成する工程とを含むことを特徴とする、円偏光抽出光学素子の製造方法。

25. コレステリック規則性を有する液晶ポリマーを配向膜上にコーティングし、前記配向膜の配向規制力によって当該液晶ポリマーを配向させる工程と、

前記配向膜の配向規制力によって配向された前記液晶ポリマーを冷却してガラス状態にすることにより第 1 の液晶層を形成する工程と、

前記第 1 の液晶層上に、コレステリック規則性を有する他の液晶ポリマーを直接コーティングし、ガラス状態にした前記第 1 の液晶層の表面の配向規制力によって前記他の液晶ポリマーを配向させる工程と、

ガラス状態にした前記第 1 の液晶層の表面の配向規制力によって配向された前記他の液晶ポリマーを冷却してガラス状態にすることにより第 2 の液晶層を形成する工程とを含むことを特徴とする、円偏光抽出光学素子の製造方法。

26. 光源と、

請求項 16 乃至 23 のいずれかに記載の円偏光抽出光学素子であって、前記光源からの光を受光して偏光光を透過する円偏光抽出光学素子とを備えたことを特徴とする偏光光源装置。

27. 請求項 26 に記載の偏光光源装置と、

前記偏光光源装置から出射された偏光光を受光して、前記偏光光に対する透過率を変化させて透過する液晶セルとを備えたことを特徴とする液晶表示装置。

1 / 14

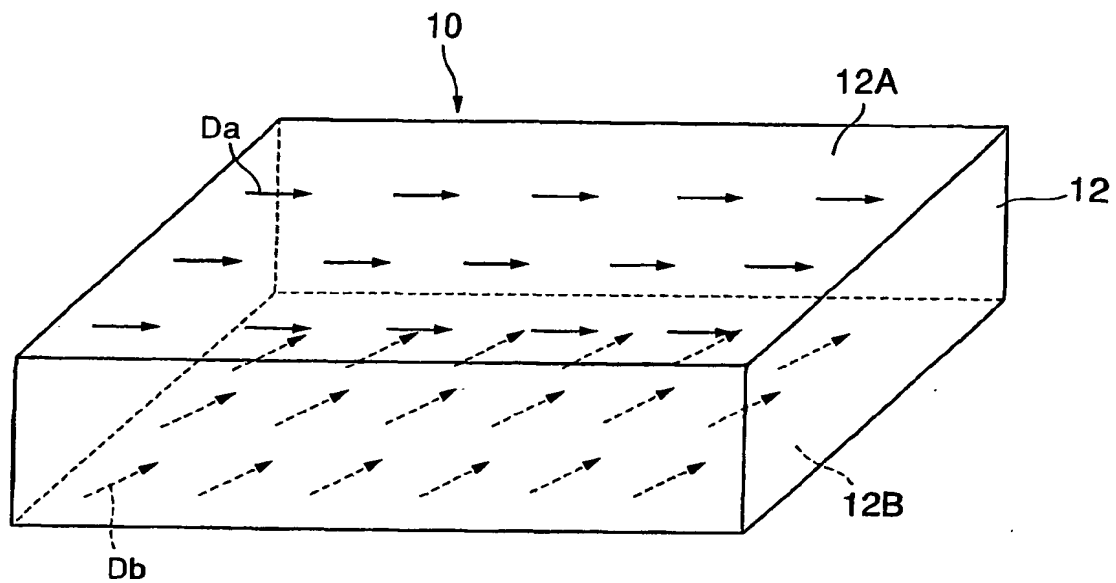


FIG. 1

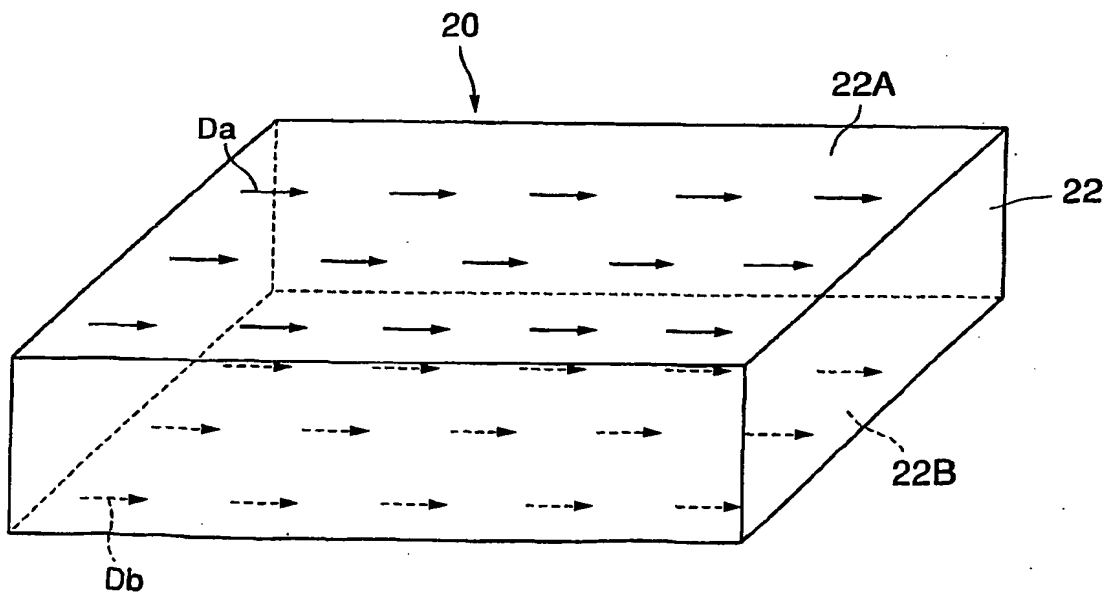


FIG. 2



2 / 14

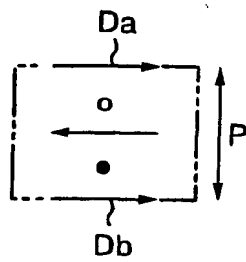


FIG. 3A

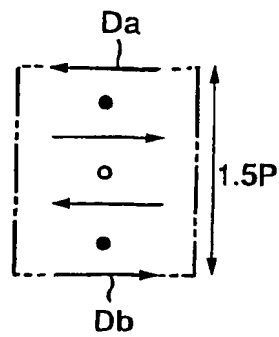


FIG. 3B

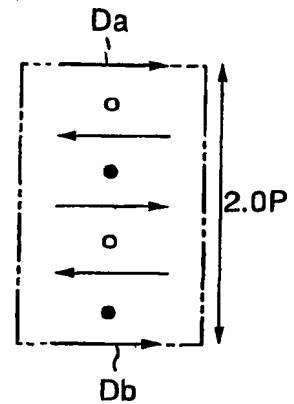


FIG. 3C

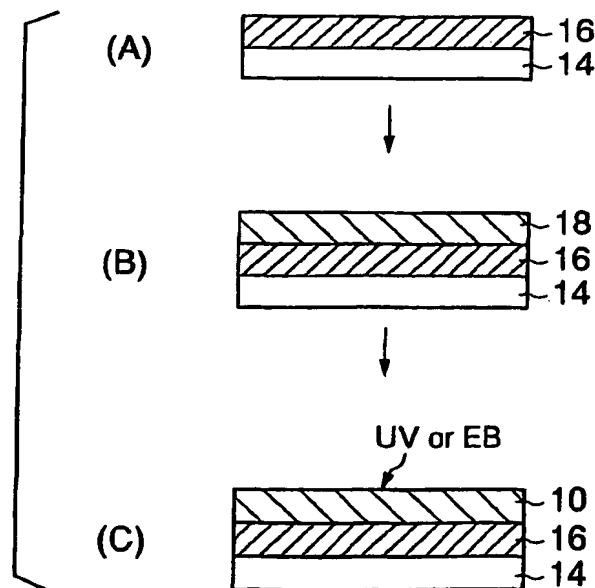


FIG. 4

3/14

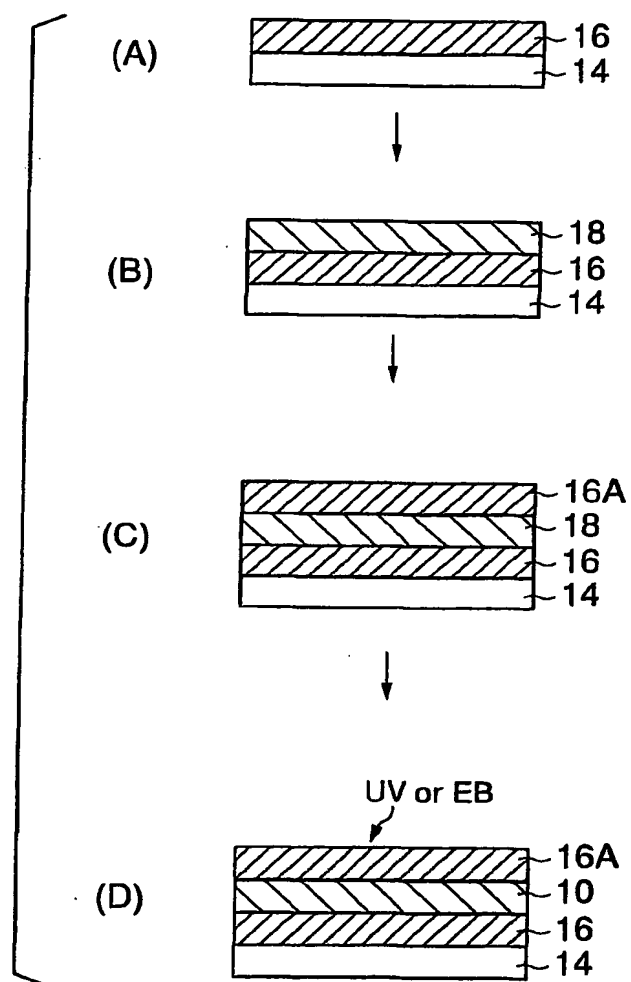


FIG.5

4 / 14

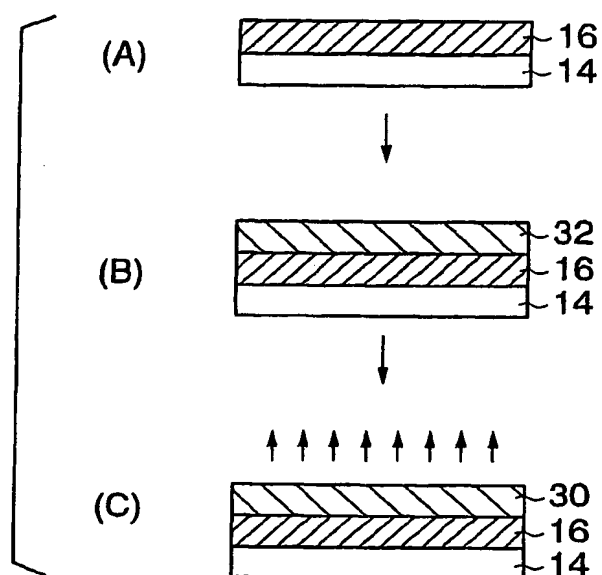


FIG.6

5 / 14

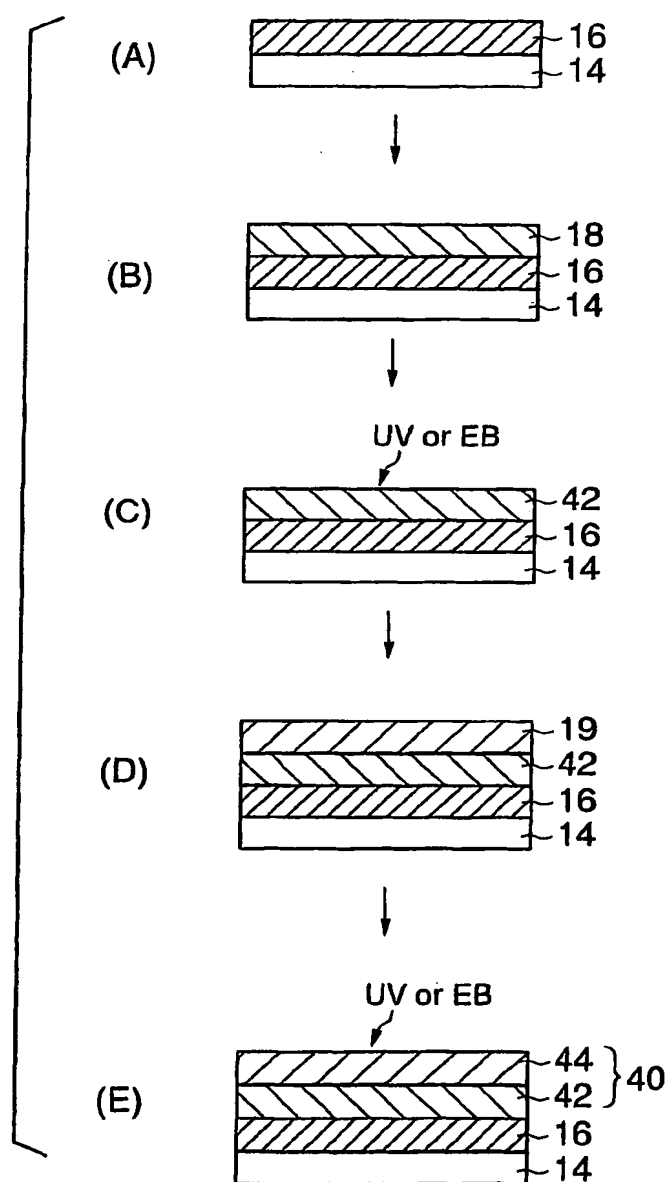


FIG.7

6/14

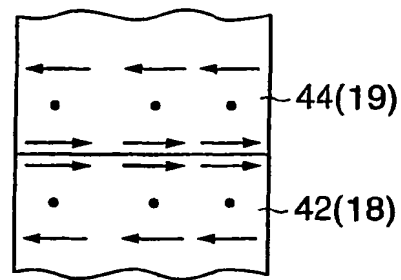


FIG. 8

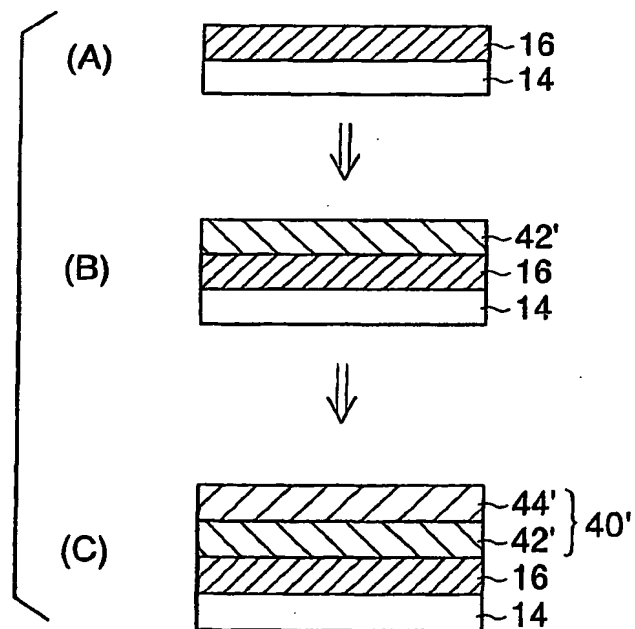


FIG. 9

7/14

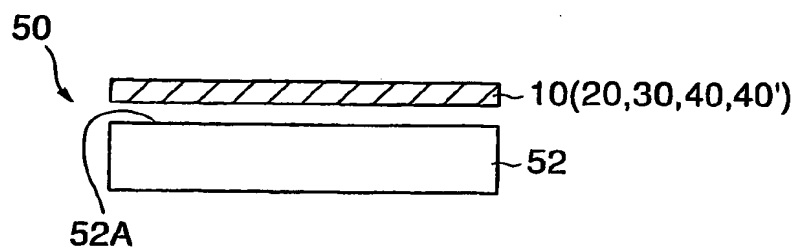


FIG.10A

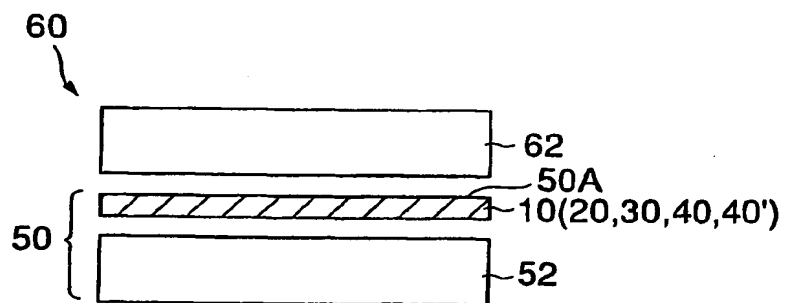


FIG.10B

8/14

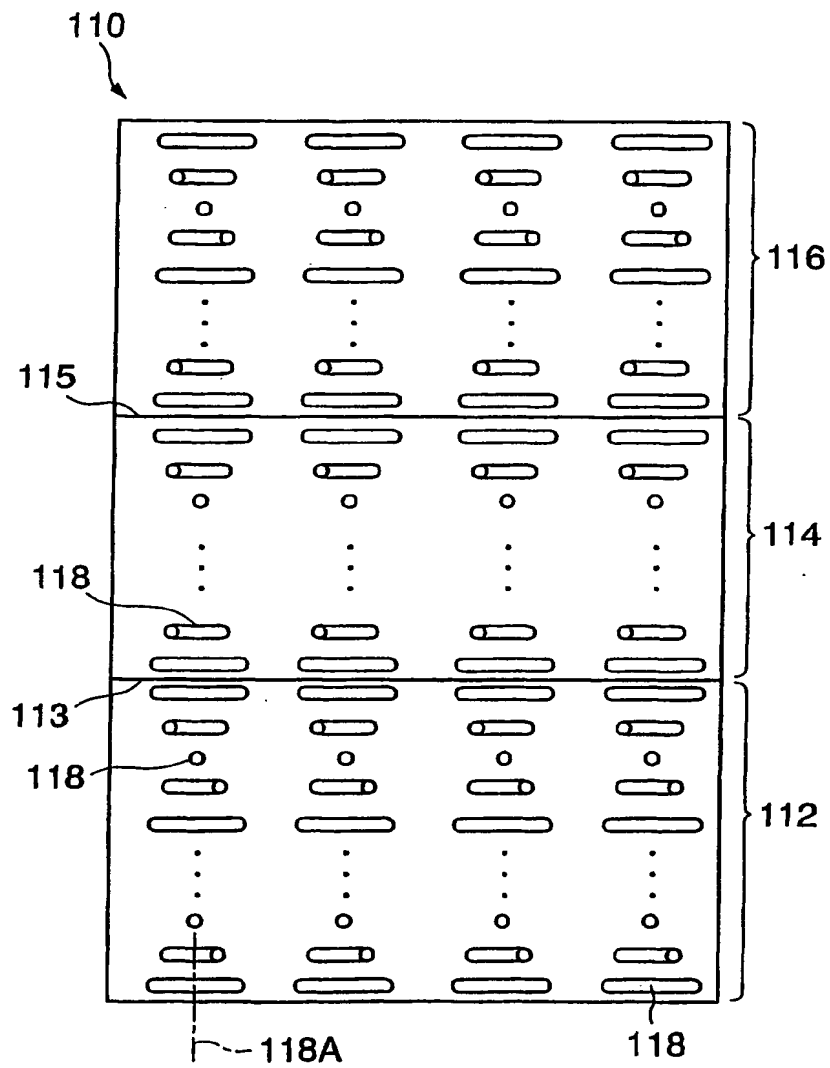


FIG.11

9/14

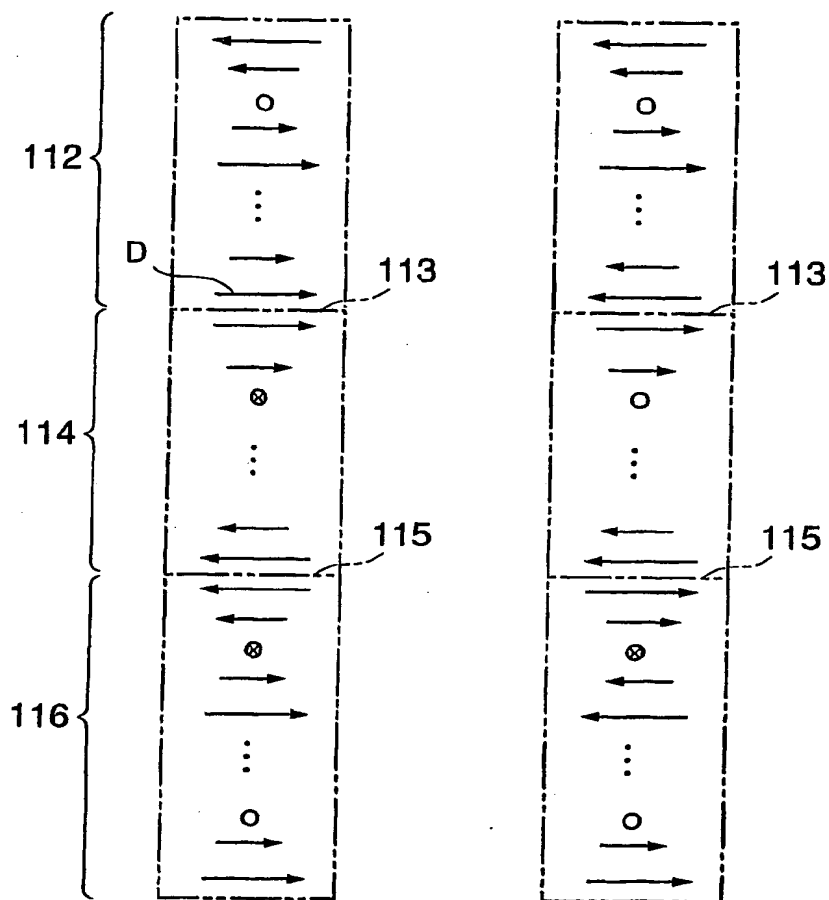


FIG.12A

FIG.12B



10/14

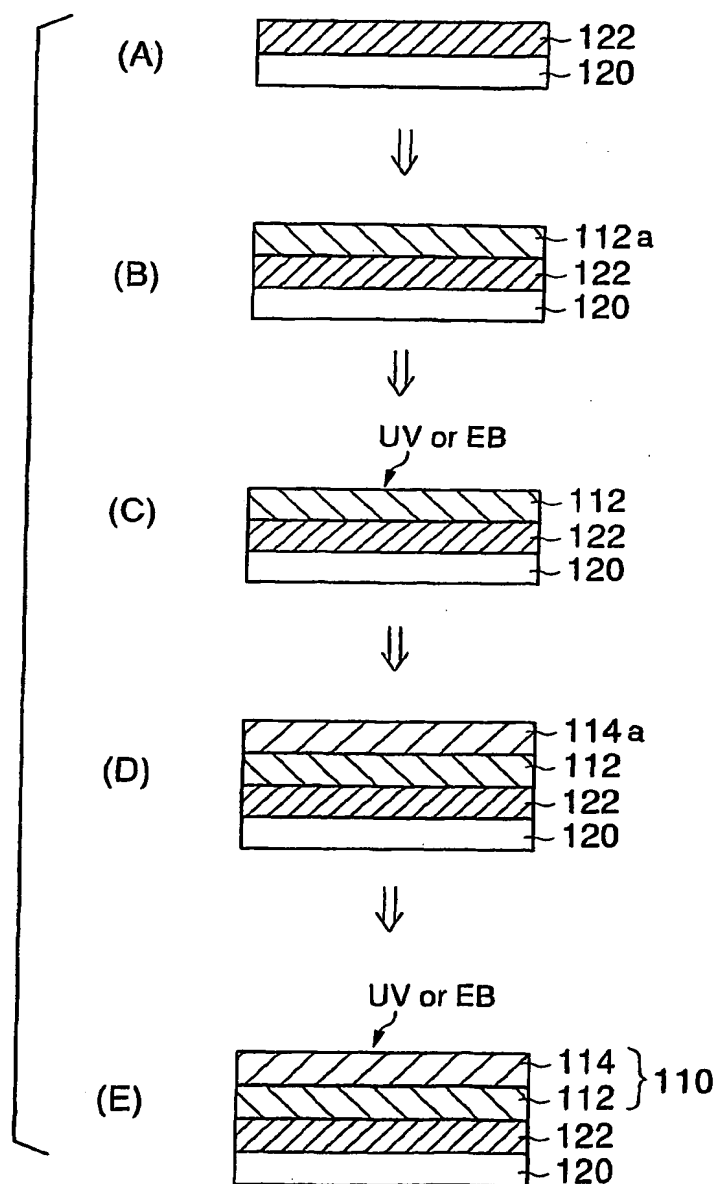


FIG.13

11/14

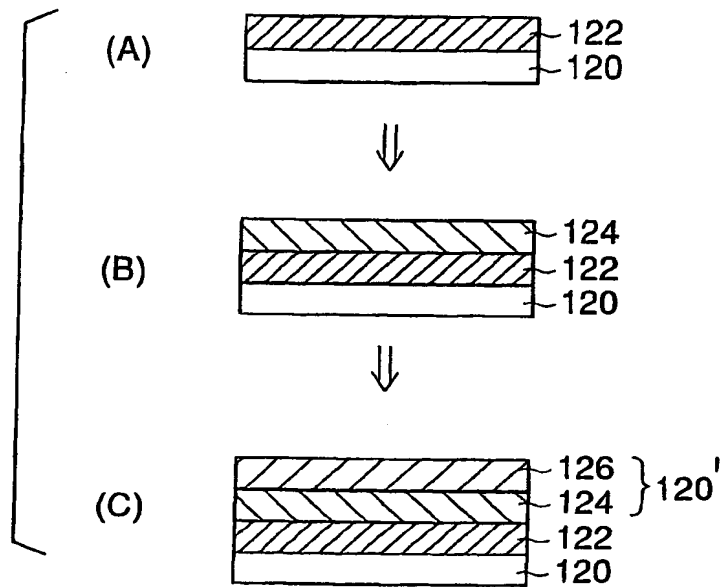


FIG.14

12/14

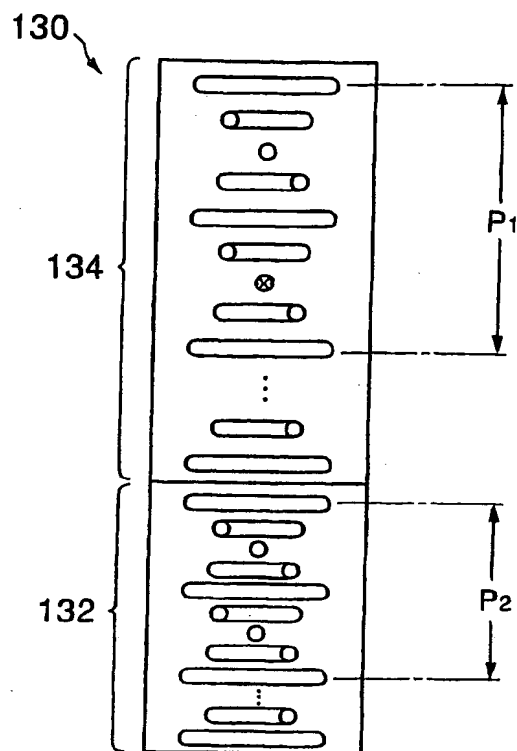


FIG. 15

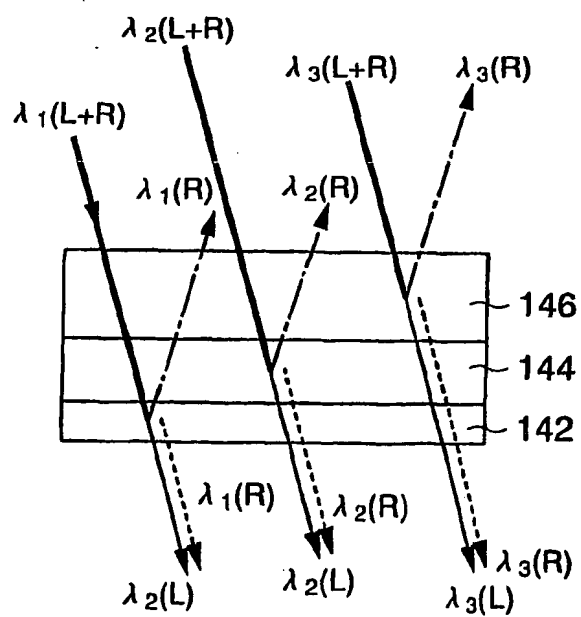


FIG. 16

13/14

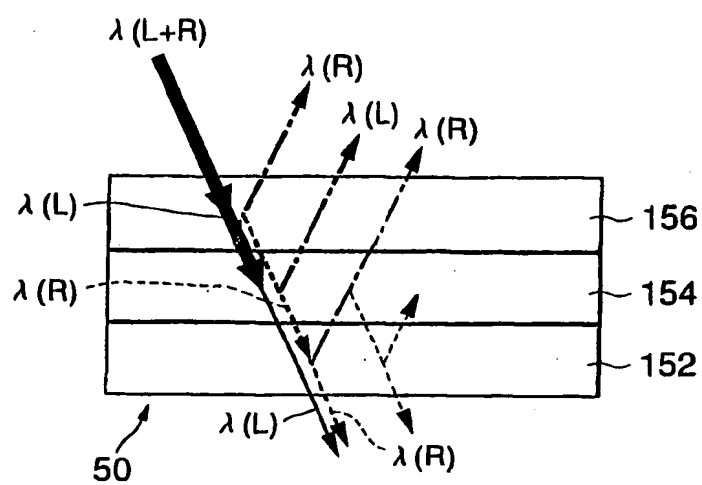


FIG.17

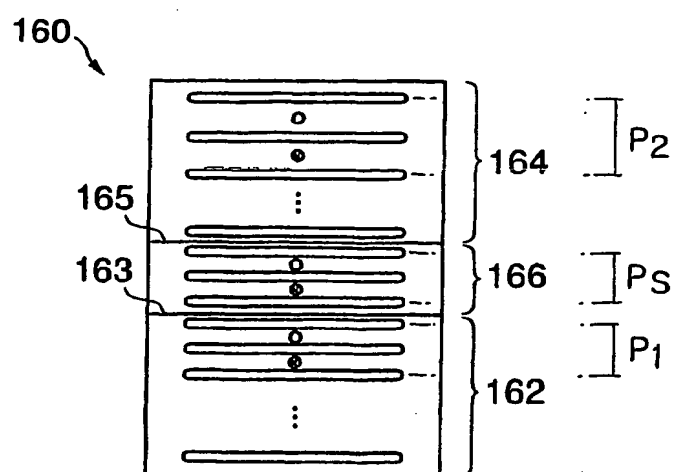


FIG.18

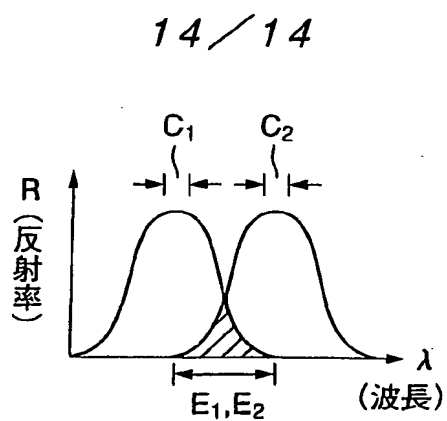


FIG.19

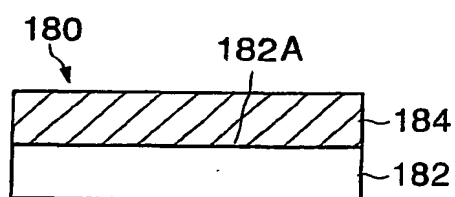


FIG.20A

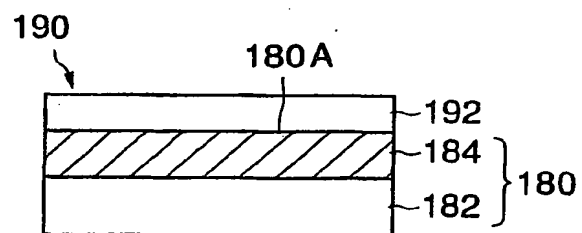


FIG.20B

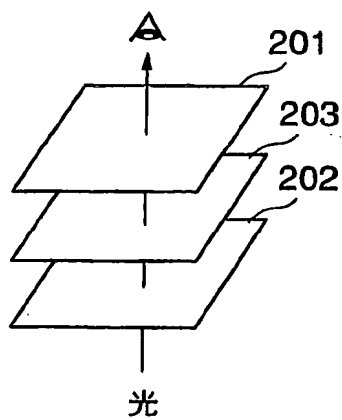


FIG.21

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/11208

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B5/30, G02F1/1335

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B5/30, G02F1/1335

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1046934 A1 (Dai Nippon Printing Co., Ltd.), 25 October, 2000 (25.10.2000), Full text; all drawings & JP 2001-4843 A Full text; all drawings & KR 2000071719 A	1-27
Y	JP 2000-321408 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 24 November, 2000 (24.11.2000), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
Y	JP 11-153712 A (LG Cable & Mach. Co., Ltd.), 08 June, 1999 (08.06.1999), Full text; all drawings & KR 99016174 A	1-27
X Y	JP 11-160539 A (Nitto Denko Corporation), 18 June, 1999 (18.06.1999), Full text; all drawings (Family: none)	1-3, 14-27 4-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
13 February, 2002 (13.02.02)

Date of mailing of the international search report  
05 March, 2002 (05.03.02)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/11208

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 11-202302 A (Seiko Epson Corporation), 30 July, 1999 (30.07.1999), Full text; all drawings (Family: none)	1-3, 14, 15 4-13, 16-27
Y	JP 4-16928 A (Ricoh Company, Ltd.), 21 January, 1992 (21.01.1992), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
X Y	EP 881510 A2 (Nitto Denko Corporation), 02 December, 1998 (02.12.1998), Full text; all drawings & JP 11-44816 A Full text; all drawings & KR 98087393 A & US 6016177 A	16-27 1-15
Y	JP 11-264907 A (LG Cable & Mach. Co., Ltd.), 28 September, 1999 (28.09.1999), Full text; all drawings & KR 99065280 A & US 6252640 B1	1-27
Y	JP 8-271731 A (Nitto Denko Corporation), 18 October, 1996 (18.10.1996), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
Y	JP 9-304770 A (Nitto Denko Corporation), 28 November, 1997 (28.11.1997), Full text; all drawings (Family: none)	1-27
Y	EP 834754 A1 (Nitto Denko Corporation), 08 April, 1998 (08.04.1998), Full text; all drawings & JP 9-133810 A Full text; all drawings & WO 97/40410 A1 & CN 1196798 A & KR 99028279 A & US 6103323 A	1-27

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/11208

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.



Continuation of Box No.II of continuation of first sheet (1)

1. Claims 1 to 3 are the invention of a circularly polarized light extraction optical element comprising a liquid crystal layer planar-disposed and having a cholesteric ordinality and characterized in that the directions of the directors of liquid crystal molecules are substantially identical to each other through the entire area of one surface of the two major surfaces of the liquid crystal layer opposed to each other, and the directions of the directors of the liquid crystal molecules are also substantially identical to each other through the entire area of the other surface.

2. Claims 4 to 13 are the invention of a circularly polarized light extraction optical element comprising a plurality of liquid crystal layers planar-disposed, having a cholesteric ordinality, and stacked directly in order and characterized in that the directions of the directors of liquid crystal molecules are substantially identical to each other through the entire area of one surface of the two major surfaces of the liquid crystal layers positioned on the outermost surfaces of the plurality of liquid crystal layers and opposed to each other, and the directions of the directors of the liquid crystal molecules are also substantially identical to each other through the entire area of the other surface; the invention of a method for substantially manufacturing the optical element; and the invention of a polarized light source device using the optical element.

Also, Claims 14 to 15 are the invention of dependent type quoting Claims 1 to 7.

3. Claims 16 to 27 are the invention of a circularly polarized light extraction optical element comprising a plurality of liquid crystal layers having a cholesteric ordinality and characterized in that the plurality of liquid crystal layers are stacked in such a state that the directions of the helical axes of the liquid crystal molecules are substantially identical to each other, and the directions of the directors of the liquid crystal molecules near the boundary of the liquid crystal layers adjacent to each other among the plurality of liquid crystal layers are substantially identical to each other; the invention of a method for substantially manufacturing the optical element; and the invention of a polarized light source device using the optical element.

However, the technology itself allowing the directions of the directors of the liquid crystal molecules on each of the mutually opposed two major surfaces of the liquid crystal layer with a cholesteric ordinality to be substantially identical to each other is a prior art as described also, for example, in JP 11-160539 A (NITTO DENKO CORP.) 1999.06.18 and JP 11-202302 A (SEIKO EPSON) 1999.07.30 and, therefore, these matters are not considered to be the common matters considered to be a special technical feature which is novel as compared with a prior art.

Also, there is no common matter considered to be a special technical feature which is novel as compared with a prior art between Claims 1 to 5 (groups of inventions 1 and 2) and Claims 16 to 17 (group of inventions 3).

Accordingly, there is no common matter considered to be a special technical feature in the meaning of the second sentence of PCT rule 13.2 among the groups of inventions 1, 2, and 3, and the inventions and the groups of inventions are not considered to be the groups of inventions so linked as to form a single general inventive concept.

As a result, the inventions or the groups of inventions are not considered to be so related as to fulfill the requirement of unity of invention.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02B5/30, G02F1/1335

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02B5/30, G02F1/1335

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2002年

日本国登録実用新案公報 1994-2002年

日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	EP 1046934 A1 (Dai Nippon Printing Co., Ltd.) 2000. 10. 25 全文、全図 & JP 2001-4843 A, 全文、全図 & KR 2000071719 A	1-27
Y	JP 2000-321408 A (大日本印刷株式会社) 2000. 11. 24 全文、全図 (ファミリーなし)	1-27

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 02. 02

国際調査報告の発送日

05.03.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明

2V

9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3269

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 11-153712 A (エルジー ケーブル アント マシネリー エルティエ イ) 1999. 06. 08 全文、全図 &KR 99016174 A	1-27
X Y	JP 11-160539 A (日東電工株式会社) 1999. 06. 18 全文、全図 (ファミリーなし)	1-3, 14-27 4-13
X Y	JP 11-202302 A (セイコーエプソン株式会社) 1999. 07. 30 全文、全図 (ファミリーなし)	1-3, 14, 15 4-13, 16-27
Y	JP 4-16928 A (株式会社リコー) 1992. 01. 21 全文、全図 (ファミリーなし)	1-27
X Y	EP 881510 A2 (Nitto Denko Corporation) 1998. 12. 02 全文、全図 &JP 11-44816 A, 全文、全図 &KR 98087393 A &US 6016177 A	16-27 1-15
Y	JP 11-264907 A (エルジー ケーブル アント マシネリー エルティエ イ) 1999. 09. 28 全文、全図 &KR 99065280 A &US 6252640 B1	1-27
Y	JP 8-271731 A (日東電工株式会社) 1996. 10. 18 全文、全図 (ファミリーなし)	1-27
Y	JP 9-304770 A (日東電工株式会社) 1997. 11. 28 全文、全図 (ファミリーなし)	1-27

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 834754 A1 (Nitto Denko Corporation) 1998. 04. 08 全文、全図 &JP 9-133810 A, 全文、全図 &WO 97/40410 A1      &CN 1196798 A &KR 99028279 A      &US 6103323 A	1-27

## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

特別ページを参照

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

## 第 I I 欄の続き

1. 請求の範囲 1-3 は、プレーナー配向されたコレステリック規則性を有する液晶層を備え、前記液晶層の互いに対向する 2 つの主たる表面のうち、一方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致するとともに、他方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向も実質的に一致している点に実質的な特徴のある円偏光抽出光学素子の発明である。

2. 請求の範囲 4-13 は、プレーナー配向されたコレステリック規則性を有する複数の液晶層であって、順次直接積層された複数の液晶層を備え、前記複数の液晶層の最外面に位置する互いに対向する 2 つの主たる表面のうち、一方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致するとともに、他方の表面の全範囲における液晶分子のダイレクターの方向も実質的に一致している点に実質的な特徴のある円偏光抽出光学素子の発明及びそれを実質的に製造する製造方法の発明及びそれを用いた偏光光源装置の発明である。

また、請求の範囲 14-15 は、請求の範囲 1-7 を引用する従属形式の発明である。

3. 請求の範囲 16-27 は、コレステリック規則性を有する複数の液晶層を備え、前記複数の液晶層は液晶分子のヘリカル軸の方向が実質的に一致する状態で積層され、かつ、前記複数の液晶層のうち互いに隣接する液晶層の界面近傍における液晶分子のダイレクターの方向が実質的に一致している点に実質的な特徴のある円偏光抽出光学素子の発明及びそれを実質的に製造する製造方法の発明及びそれを用いた偏光光源装置の発明である。

しかしながら、コレステリック規則性のある液晶層の互いに対向する 2 つの主たる表面のうち、それぞれの表面の液晶分子のダイレクターの方向を実質的に一致させるようにする技術自体は、例えば、JP 11-160539 A (日東電工株式会社) 1999. 06. 18、JP 11-202302 A (セイコーエプソン株式会社) 1999. 07. 30 にも記載されているように、従来から知られた技術であり、前記事項は、従来技術に対して新規なものとして特別の技術的特徴と考えられる共通事項であるとはいえない。

また、請求の範囲 1-15 (発明の群 1. 及び 2.) と請求の範囲 16-27 (発明の群 3.) との間は、従来技術に対して新規なものとして特別の技術的特徴と考えられる共通事項は、そもそも存在しない。

よって、上記発明の群 1.、2. 及び 3. との間において、PCT 規則 13. 2、第 2 文の意味において特別の技術的特徴と考えられる共通事項は存在してなく、前記発明や発明の群同士は、単一の一般的発明概念を形成する連関している一群の発明であるとはいえない。

したがって、前記発明または発明の群同士は、単一性を満足する関係であるとはいえない。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**